



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE

Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas



pers
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible

JoseLuis

[Dirección de correo electrónico]

ESTUDIO PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL

COORDINADOR Y FORMULADOR:

Guillermo Hidalgo

Ing. Electrónico, Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores

ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN:

Alexander Paredes

COLABORADORES:

Orlando Mejía

Ing. Industrial

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2014

CONTENIDO

1.	FICHA DEL PROYECTO.....	4
2.	RESUMEN DEL PROYECTO	5
3.	IDENTIFICACIÓN	6
3.1	Situación actual	6
3.1.1	Área influenciada por el proyecto.....	6
3.1.2	Participantes.....	13
3.1.3	Información del servicio.....	13
3.2	Marco de Referencia	14
3.2.1	Contribución a la política pública	14
3.2.2	Antecedentes	14
3.2.3	Marco teórico.....	17
3.3	Problema central, causas y efectos.....	24
4.	FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA	26
4.1	Nombre de la alternativa	26
4.2	Resumen de la alternativa.....	26
4.3	Objetivos	27
4.3.1	Objetivo General	27
4.3.2	Objetivos Específicos.....	27
4.4	Productos, Actividades y Personal Requerido	28
4.5	Identificación y descripción de la innovación propuesta.....	29
4.6	Metodología y distribución de responsabilidades	29
4.7	Indicadores de objetivo general, de producto y de gestión	53
4.8	Fuentes de verificación y supuestos	54
4.9	Bienes y/o servicios.....	56
4.10	Beneficios de ingresos.....	57
4.11	Horizonte del proyecto	60
4.12	Impactos Esperados	61
4.13	Efectos Ambientales.....	61

4.14 Análisis de riesgos	63
4.15 Cronograma.....	65
4.16 Presupuesto	66

1. FICHA DEL PROYECTO

Título del proyecto:	ESTUDIO PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL	
Entidad formuladora:	Universidad de Nariño	
Entidad beneficiaria:		
Otras instituciones participantes:		
Duración del proyecto (meses):	12	
Costo total del proyecto:	\$620.659.400,00	
Monto solicitado:	\$620.659.400,00	
Contrapartida de la entidad beneficiaria:	En efectivo:	En especie:
Lugar de ejecución del proyecto:	Ciudad: Guachucal	Departamento: Nariño
Persona responsable del proyecto:	Empresa/Institución: Universidad de Nariño	Cargo:

2. RESUMEN DEL PROYECTO

En el departamento de Nariño existe una gran deficiencia energética que afecta de manera importante a la población. El carbón, la madera y los hidrocarburos son las principales fuentes de energía, afectando el medio ambiente y la salud de las personas que las utilizan. Estos factores impulsan la búsqueda de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica, que sean renovables, limpias y amigables con el ambiente.

La energía eólica es una fuente alternativa a considerar, consecuencia de la actividad solar. El sol produce un calentamiento del aire de la atmósfera, induciendo corrientes de convección verticales que crean una depresión que hace que el aire de las regiones adyacentes tienda a desplazarse hacia ella, generándose el viento¹.

La potencia generada por el viento a través de un aerogenerador es proporcional a la densidad del aire, que es una magnitud aproximadamente constante a la superficie barrida por las palas y al cubo de la velocidad del viento². Por esta razón, las regiones favorecidas para generar energía eólica son aquellas con una alta velocidad de viento; el hecho de que aparezca el cubo de la velocidad en la potencia del aerogenerador hace que ésta sea muy sensible a las variaciones de la misma. Como el diámetro de la pala de la hélice también contribuye como el diámetro al cuadrado, se puede concluir que dos de las contribuciones más importantes son la velocidad del viento y el diámetro de las palas del aerogenerador.

El departamento de Nariño tiene amplias posibilidades de suplir su deficiencia energética aprovechando las condiciones geográficas, climáticas de regiones que posean las características necesarias en la velocidad del viento para implementar la generación de energía eólica.

El municipio de Guachucal posee a priori las características en la velocidad del para la generación eléctrica con energía eólica. El objetivo del proyecto es demostrar mediante mediciones de la velocidad del viento en Guachucal y con el estudio de un sector económico social de la región, que la generación eléctrica con energía eólica es viable, necesaria y sostenible.

¹ Fernández Marín Ignacio, Selección de Estrategias de Crecimiento Empresarial en el sector de la industria eólica, Obtenido de Energía Eólica: <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/485aeb2b2a092.pdf>

² Fernández Marín Ignacio, Selección de Estrategias de Crecimiento Empresarial en el sector de la industria eólica, Obtenido de Energía Eólica: <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/485aeb2b2a092.pdf>

3. IDENTIFICACIÓN

3.1 Situación actual

La deficiencia energética y los costos elevados de la misma son problemas que necesita una pronta solución. Las limitaciones en los servicios primarios detienen el desarrollo económico y social de nuestras poblaciones. El deterioro ambiental a causa de la utilización de fuentes de energía no renovable es un factor principal en el planteamiento de este estudio para la implementación de la generación eléctrica con energía eólica.

3.1.1 Área influenciada por el proyecto

Reseña histórica

No existe certeza sobre la fundación de Guachucal, pero según los historiadores el centro urbano aparece hacia el siglo XVI en el año de 1535, y su creación como municipio se realizó a través de la Ordenanza No. 033 de 1892 expedida por la Asamblea del Cuaca y desde 1904 formó parte de departamento de Nariño.

El municipio de Guachucal en las épocas prehispánica, colonial y republicana ha estado habitado por los pueblos indígenas pertenecientes al grupo de Los Pastos, de cuya cultura aún se conservan algunos rasgos característicos, tales como su organización comunitaria, la tipología de la vivienda y varias costumbres y hábitos ancestrales.

Desde la primera fundación hasta su consolidación como municipio, han existido otros centros poblacionales, que inicialmente tuvieron mayor importancia en el territorio municipal, como son los actuales poblados de San Diego de Muellamués, Colimba y San José de Chillanquer.

La cabecera municipal es el resultado de las dinámicas dadas por las migraciones rurales del entorno territorial, y como tal es el reflejo del cruce de diferentes matices históricos, culturales y económicos, es decir, el tejido urbano es la respuesta a un proceso evolutivo de las tradiciones y costumbres locales.

Después de su fundación y constitución como cabecera municipal, GUACHUCAL como la mayoría de los conglomerados urbanos de la zona andina de Nariño, define su crecimiento y forma urbana

siguiendo el trazado reticular, conformando una estructura urbana lineal en sentido norte-sur, debido a condiciones topográficas del lugar³.

Ubicación geográfica

El municipio de GUACHUCAL se encuentra ubicado al Sur del Departamento de Nariño y al suroccidente de la ciudad de San Juan de Pasto, haciendo parte del Nudo de Los Pastos, donde sobresalen los Cerros de Colimba y Páramo de Paja Blanca. Con referencia a la ciudad de San Juan de Pasto el municipio se encuentra a una distancia de 99 kilómetros y a 27 kilómetros del municipio de Ipiales en el límite con el Ecuador y a 250 kilómetros del puerto marítimo de Tumaco, por carreteras pavimentadas. ⁴

El municipio de GUACHUCAL se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 0° 54' 52" N (Limite con Cuaspud)
- 1° 01' 53" N (Limite con Piedrancha y Sapuyes)
- Longitud: 77° 35' 57" W (Páramo Paja Blanca)
- 77° 48' 55" W (Laguna de La Bolsa).

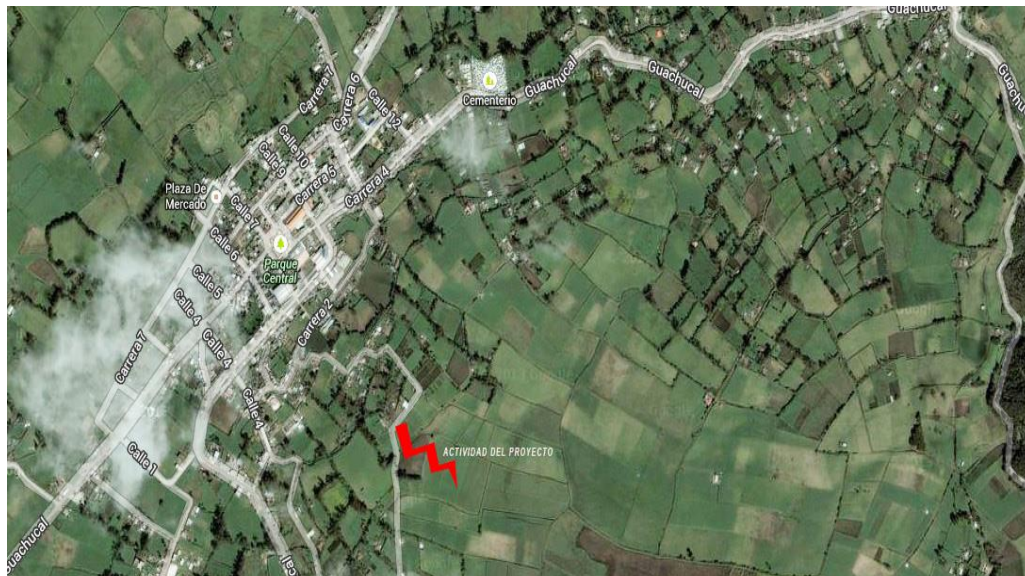
Figura 1. Municipio de Guachucal en Colombia



³ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, Municipio de Guachucal, [Consultado 7 sep.2013], Disponible en: < <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-%20esquema%20ordenamiento%20territorial%20-%20guachucal%20-%20nari%C3%B1o%20-2006%20-%202015.pdf> >

⁴ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, Municipio de Guachucal, [Consultado 7 sep.2013], Disponible en: < <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-%20esquema%20ordenamiento%20territorial%20-%20guachucal%20-%20nari%C3%B1o%20-2006%20-%202015.pdf> >

Figura 2. Municipio de Guachucal.



Límites del municipio

El municipio de GUACHUCAL actualmente limita así: Por el norte con los municipios de Mallama y Sapuyes en una extensión de 36 kilómetros; por el sur con los municipios de Cuaspud en una extensión de 3 kilómetros; por el oriente con el municipio de Aldana y Pupiales en una extensión de 22 kilómetros y por el occidente con el municipio de Cumbal en una extensión de 16 kilómetros.

Extensión del municipio

El municipio de GUACHUCAL según la medición hecha en el tiene una extensión de 15.037,0 hectáreas, que representan el 0,45 % del total de la superficie del Departamento de Nariño, lo que permite ubicar al municipio en el 40 puesto, entre 64, según su extensión.

Clima

El territorio del municipio de GUACHUCAL, como todo el departamento de Nariño, por estar en la zona de bajas latitudes, se encuentra influenciado por la verticalidad de los rayos del sol, que al hallarse rodeado de montañas y dominada por altiplanicies, presenta un clima preferiblemente frío húmedo a frío seco, típico del altiplano nariñense.

El análisis climático se desarrolla con base en las estaciones climatológicas Aeropuerto de San Luis y a la estación pluviométrica de Cumbal, localizadas en territorios vecinos al municipio.⁵

El régimen en la zona y en particular en el municipio es bimodal, es decir, con dos periodos de invierno y dos de verano, determinados como consecuencia del desplazamiento de la zona de confluencia intertropical (Z.C.I.).

A su posición norte corresponde la estación seca de junio a septiembre, pues en octubre comienza el periodo de lluvias. Los meses de octubre, noviembre y diciembre pertenecen al periodo de lluvias y corresponde al desplazamiento de la Z.C.I. hacia el sur, entre enero y febrero (corto verano) a la posición más meridional, de marzo a mayo se presenta el segundo período lluvioso, correspondiendo de nuevo al movimiento hacia el norte de la zona de convergencia.

Precipitación

La precipitación en el municipio de Guachucal se puede identificar con relación a la que se presenta en estaciones cercanas de la zona del aeropuerto de San Luis en Ipiales y la estación Cumbal, las cuales sirven como referente específico para las condiciones que se encuentran en nuestro lugar de estudio Guachucal.

Estación Aeropuerto San Luis. En esta estación se registra una precipitación promedio anual de 889,6 mm. La distribución de las lluvias durante el año tienen un comportamiento bimodal no bien demarcado como se aprecia en la gráfica, con dos periodos húmedos octubre – noviembre – diciembre y marzo – abril – mayo, y dos periodos secos junio – julio – agosto – septiembre y enero - febrero. Siendo los meses de abril y noviembre los que presentan mayores precipitaciones, con 101,0 y 99,6 mm, respectivamente. El periodo más seco y pronunciado es de junio a septiembre, registrándose en el mes de agosto el menor valor promedio con 38,1 mm de precipitación.

Estación de Cumbal. Para la zona de influencia de esta estación, se presenta una precipitación promedio anual de 899,2 mm. La distribución de las lluvias durante el año tienen un comportamiento bimodal no bien demarcado como se aprecia en la gráfica, con dos periodos húmedos octubre – noviembre – diciembre y marzo – abril – mayo, y dos periodos secos junio – julio – agosto – septiembre y enero - febrero. Siendo los meses de abril y noviembre los que presentan mayores precipitaciones, con 105,9 y 99,8 mm, respectivamente. El periodo más seco y pronunciado es de junio a septiembre, registrándose en el mes de julio el menor valor promedio con 32.9 mm de precipitación.

⁵ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, Municipio de Guachucal, [Consultado 7 sep.2013], Disponible en: < <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-%20esquema%20ordenamiento%20territorial%20-%20guachucal%20-%20nari%C3%B1o%20-2006%20-%202015.pdf> >

Temperatura

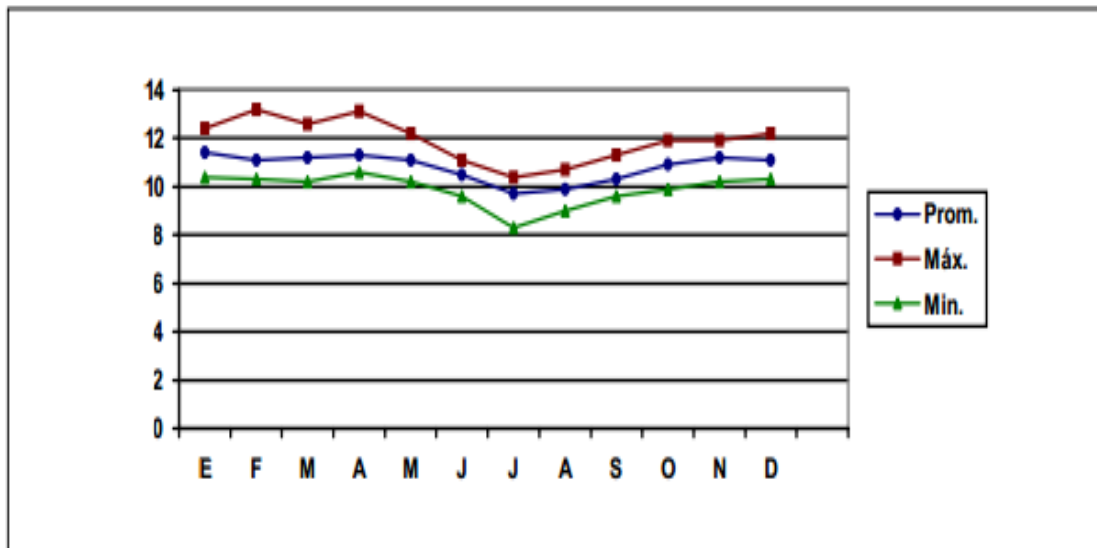
En el territorio del municipio de GUACHUCAL, con altitudes que van desde 2.950 m.s.n.m en sectores del río Las Juntas, hasta los 3.750 m.s.n.m en la Laguna de La Bolsa y páramo de Paja Blanca, situación que permite la presencia de temperaturas medias que oscilan espacialmente entre los 11,0 °C y 6,0 °C, presentando espacialmente un rango bajo, dadas las características de homogeneidad bioclimática.

Dada la localización de la cabecera municipal de GUACHUCAL, a una altura de 3.125 m.s.n.m., le corresponde una temperatura promedio de 10,0 °C. Para el análisis de la temperatura en el municipio, se ha recurrido a la serie de la estación climatológica del Aeropuerto San Luis (1979 – 2000). La temperatura promedio para el lugar de la estación es de 10,8° C. Según e análisis de la serie se puede definir que se presenta un periodo de bajas temperaturas comprendido entre los meses de junio a septiembre, que corresponde a periodo de menores lluvias en la región, siendo el mes de julio el que registra el menor valor, con 9,7° C.

Los demás meses son bastante homogéneos variando la temperatura promedio entre 10.9° C y 11,4° C, presentándose los mayores registros en los meses de enero y abril. Los máximos valores se registraron en los meses de febrero, marzo, abril y mayo del año 1998, considerado el año de más altas temperaturas. Las mínimas temperaturas promedias registradas se dieron en los meses de junio a septiembre, siendo el mes de julio con el menor registro (8,3° C), Figura 3.⁶

⁶ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, Municipio de Guachucal, [Consultado 7 sep.2013], Disponible en: < <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-%20esquema%20ordenamiento%20territorial%20-%20guachucal%20-%20nari%C3%B1o%20-2006%20-%202015.pdf> >

Figura 3. Valores medios mensuales de temperatura (°C). Estación: aeropuerto San Luis
Municipio: Aldana. Elevación: 2.961 m.s.n.m.



Fuente: Aeropuerto de San Luis, Municipio de Aldana.

Evaporación

El análisis de la evaporación como de los demás parámetros meteorológicos para el territorio municipal se hace con base a la estación Aeropuerto San Luis (1979 – 2000).

Estación Aeropuerto San Luis. El valor promedio multianual es de 1.002,7 mm y los meses de septiembre a diciembre presentan los mayores registros promedios, siendo el mes de octubre el que presenta el mayor valor con 94,5 mm. Los menores valores promedios se presentan en los meses de febrero, junio y julio, comportándose el mes de junio con el menor valor, con 75.1 mm, correspondiendo a estos meses bajas temperaturas.

Si se analizan los valores máximos, se puede observar que los mayores valores medios y máximos se presentan en los meses de septiembre a abril, que corresponden a los meses con máximas temperaturas, siendo los meses de octubre, diciembre y febrero, los que tienen mayor valor, correspondiéndole 113.2 mm al mes de octubre. Al mes de junio le corresponde el menor valor máximo.

Brillo solar

Si se analiza la serie de la estación Aeropuerto San Luis, comprendida por el periodo 1979 – 2000), se puede observar que se presentan 1.492,7 horas de sol en promedio anual, lo que permite afirmar que de las horas día (6 A.M a 6 P.M) que se dan en un año, en el 35,6 % se da un brillo solar a la superficie. Si se compara con la estación vecina de El Paraíso en el Municipio de

Túquerres, se puede manifestar que se presentan mayor número de horas sol en la estación del Aeropuerto de San Luis representativa para la zona de estudio, en una diferencia de 206 horas al año aproximadamente.

En la distribución del brillo solar durante el año, los promedios presentan mayores valores durante los meses de junio – julio – agosto y diciembre – enero, que corresponden a los meses de verano, siendo en los meses de julio y agosto, cuando se registran los mayores valores, con 136.9 horas sol, que corresponde al 38,0 % de las horas día mensuales; este valor corresponde a la presencia de 4.6 horas/día de sol en este mes

Humedad relativa

La humedad relativa promedio anual para la zona de influencia de la estación de Aeropuerto San Luis es del orden de 84 %, lo que nos permite manifestar que corresponde a una provincia húmeda. Si se analizan los promedios durante el año, se puede observar que la distribución de la humedad es bastante uniforme, variando durante el año mes a mes entre 82 y 86 %, siendo durante los meses De abril, mayo y junio cuando se presentan los más altos valores, con el 86 % de humedad. Los menores valores promedios se registran en los meses de agosto, septiembre y octubre, siendo el mes de septiembre el que registra el menor valor, con 82 % de humedad.

Dimensión económica

Las principales actividades económicas del municipio de Guachucal son la agricultura y ganadería. Los cultivos predominantes son papa, haba, verduras y hortalizas, los cuales se realizan mediante prácticas tradicionales. La información obtenida a través de la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA, permite establecer los siguientes registros sobre estas labores propias las poblaciones campesinas e indígenas ubicadas en el sector rural del municipio de GUACHUCAL. En la actividad pecuaria se destaca la ganadería de leche y la cría de especies menores, principalmente cerdos, cuyes, peces y a nivel casero aves.

El sector pecuario es importante para la economía del Municipio, que el 70% de las familias se dedican a la ganadería y a la crianza de otros animales como: Porcinos, aves, cuyes y peces, los cuales se comercializan en los mercados locales y del resto de los municipios del departamento de Nariño especialmente en Ipiales, Túquerres y Pasto. La explotación del ganado de leche efectúa un aporte fundamental en cuanto a la generación de ingresos y a la actividad agroindustrial de la región. La piscicultura, presenta un gran potencial, sin embargo, el cultivo de trucha Arco iris se ha limitado por la escasez de oferta de material hidrobiológico y falta de asistencia técnica especializada.

El municipio de GUACHUCAL, ocupa un importante lugar en el departamento de Nariño a nivel de la actividad ganadera, en cuanto al número de predios destinados a esta actividad se ubica

después de Pasto, Ipiales y Cumbal y en lo relacionado al total de cabezas de ganado solamente lo supera Pasto. Las actividades de vacunación se efectúan en un 99.9%, demostrando el interés por atender eficientemente este renglón de la economía municipal.

Está asociado al Centro Provincial de Gestión Agro empresarial CPGA, del sur del departamento de Nariño, el cual ha concentrado sus acciones a atender la producción ganadera de la región, con énfasis en la producción de leche para comercialización y generación de valor agregado. Los registros de la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente del Departamento de Nariño, en el documento que presenta los registros consolidados del sector agropecuario para el año 2009, indica que en lo referente a la producción de leche, en el municipio de GUACHUCAL el promedio de producción diaria es de 62.000 litros, ubicándose en el primer lugar en Nariño. La producción promedio es de 8 litros / vaca / día, el número de vacas de ordeño es de 7.750 y un porcentaje de comercialización del 80%. A ceba integral está destinada el 5% de la población bovina y corresponde a la raza Nellore, y el 15% es de doble propósito (Nellore y Pardo Suizo), y el restante 80% es ganado de lechería especializada de raza Holstein.

3.1.2 Participantes

El proyecto está enfocado principalmente en buscar el mayor impacto dentro de la población. Económicamente, como se analizó en el apartado anterior, el municipio depende principalmente del sector lácteo.

Los acopios lecheros en crecimiento, que agrupan a pequeños ganadores, son los aliados principales para buscar el apoyo y el acompañamiento en la implementación de la generación eléctrica propuesta.

Tabla 1. Análisis de participantes.

Participante	Posición	Tipo de Contribución	Experiencia Previa
Sector Lácteo	Principal	Económica – Experimental	Ninguna

3.1.3 Información del servicio

La energía eléctrica en el municipio de Guachucal está determinada por los costos elevados de la venta de la energía por parte de las Centrales Eléctricas de Nariño, electrificadora que suministra el servicio.

Los microempresarios manifiestan que las utilidades son bajas debido a los altos costos generados por el consumo eléctrico de su sistema productivo.

Los procesos de pasteurización, refrigeración y procesamiento de lácteos generan costos excesivos que no los hacen competitivos con empresas fuertes consolidadas que pueden lidiar con estos egresos de producción.

Gran cantidad de las microempresas nacientes recurren al fraude en la conexión para evadir los altos costos generados por el consumo de sus centros de acopio.

3.2 Marco de Referencia

3.2.1 Contribución a la política pública

El proyecto se genera dentro del marco de políticas públicas sustentando dentro del plan de desarrollo nacional buscando mejorar la cobertura de los servicios públicos en la búsqueda de fuentes de empleo y la conservación del medio ambiente.

3.2.2 Antecedentes

La energía eólica está conociendo un crecimiento importante a escala mundial. Actualmente se calculan unos 30.000 generadores eólicos repartidos por el planeta. La industria eólica emplea directamente a más de 4.000 personas y existen unas 30 empresas para la fabricación de aerogeneradores.

Hoy en día esta energía limpia, renovable y de gran potencial eléctrico ha aumentado sus posibilidades para la producción de energía eléctrica, ya que las nuevas tecnologías aplicadas irán permitiendo hacer más rentable la obtención de energía a partir de esta fuente. Teniendo en cuenta que sólo el 10% de esta energía se encuentra disponible cerca del suelo, el potencial sigue siendo considerable. Para aprovecharlo, sería necesario cubrir las tierras emergidas y las superficies marinas con enormes motores eólicos.

Con estas condiciones, es razonable estimar que por mucho tiempo las aplicaciones de la energía eólica se limitarán a utilidades locales o bien como fuente complementaria en la alimentación de las redes eléctricas.

Las zonas más favorables para la implantación de grandes motores eólicos son las regiones costeras y las grandes estepas, donde vientos constantes soplan regularmente. En general, como la velocidad del viento aumenta con la altura, los emplazamientos más favorables son los cerros y las colinas que dominan un terreno despejado, sin obstáculos que originen turbulencias. Para obtener buenos resultados, es necesaria una velocidad media del viento superior a 30 km/h (fuerza 5 en la escala de Beaufort).

Energía eólica en Colombia

Nuestro país alcanza la cúspide de la pirámide de países con mayores recursos naturales renovables y no renovables. Quizás porque no sabemos lo que no es tener esta gran riqueza, hasta hace pocos años estábamos dejando pasar el tiempo sin pensar por un instante en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Además de esto, tenemos topografías muy variadas que en conjunción con la ubicación geográfica hacen de nuestro país un lugar indicado para desarrollar proyectos que involucren la energía del viento, y en un futuro quizás no muy lejano el aprovechamiento máximo de ésta.

Colombia, por ser un país en vías de desarrollo, la mayoría de la población es rural y su nivel de vida es mísero, lo cual ha motivado el desplazamiento y asentamiento en sectores urbanos. Es por éste motivo y los anteriores que se debería empezar a proponer que empecemos a trabajar por el aprovechamiento de energías alternativas, como lo es la eólica. Si se lograra establecer aerogeneradores y aerobombas en nuestro territorio colombiano, tendríamos la oportunidad de ofrecer a sectores apartados, recursos energéticos e hidrológicos, sin que ellos tengan que pagar tarifas altas por un servicio que es estrictamente necesario, lo cual sería una alternativa de motivación para regresar a los campesinos a sus orígenes.

Hay que reiterar que los vientos en Colombia están entre los mejores de Sudamérica y las regiones de nuestro país en donde se han investigado, como en el departamento de la Guajira, han sido clasificados vientos clase 7 (cerca de los 10 metros por segundo (m/s)).

En la actualidad, más de 70 naciones desarrollan proyectos eólicos y Colombia hace parte de ellas, con dos infraestructuras en La Guajira: Jepirachi, en Puerto Bolívar, que genera 20 megavatios (MW), y Nazareth, en Uribia, con 200 kilovatios (KW), que es un sistema de producción híbrido que combina fuentes de GLP y diésel con la eólica, para un total de 750 KW.

A estas dos unidades se espera que próximamente se unan otras que vienen siendo evaluadas por algunas empresas generadoras, como el proyecto de 200 MW, que desarrollaría EPM en La Guajira.

Igualmente se encuentran en proceso de medición de vientos Electrowayúu E.S.P. e Isagen, “que busca generar 32 MW contiguos al parque Jepirachi”, dice Víctor H. López, vicepresidente de la Asociación Colombiana de Energías Renovables (Acer).⁷

También Emgesa desarrolla estudios técnicos de vientos en la alta Guajira, para determinar si es posible desarrollar un parque eólico en esta zona, más exactamente en las áreas de la Flor de La

⁷ <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujodegases/energiaeolica/energiaeolica.html>

Guajira, Iche pup y Fepichien; y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (Ipse) acaba de firmar con el Gobierno de la República de Corea un acuerdo de cooperación en investigación energética, para poner en marcha un programa piloto de generación de energía híbrida foltovoltaica y eólica en la Sierra Nevada de Santa Marta, el cual entraría a funcionar en el primer trimestre del 2013. La primera fase contará con un presupuesto de 40.000 dólares aportados por Corea.⁸

Energía eólica en el mundo

A escala mundial, la energía eólica ha experimentado un crecimiento de su potencia instalada de forma exponencial en los últimos años. Dicho incremento tiene múltiples causas: diversificar la matriz energética, disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables y más contaminantes, cumplir con el Protocolo de Kyoto, crear nuevos empleos, etc.

Los gobiernos interesados en desarrollar la generación de energía eléctrica de origen eólico lo han hecho a través de la implantación de beneficios económicos que permiten cubrir la brecha aún existente entre este tipo de tecnologías y otras más baratas.

A modo ilustrativo, la distribución del consumo mundial de este tipo de energía es la siguiente: Unión Europea (72,5 %), Norte América (15,0 %), Asia (7,9 %), América Central y Sur (0,4 %) y resto del mundo (4,2 %).⁹

⁸ <http://m.portafolio.co/economia/colombia-le-apuesta-la-generacion-eolica>

⁹ <http://www.ute.com.uy/pags/institucional/documentos/EIA%20Parque%20Eolico%20Caracoles.pdf>

3.2.3 Marco teórico

Energía eólica

La energía eólica es una transformación de la energía solar. El Sol radia por hora una energía de 174.423.000.000.000 KWh a la Tierra. Esta energía no llega a la Tierra de una manera uniforme, sino que calienta las zonas próximas al Ecuador más que las zonas polares. Además de esto, los continentes se calientan y enfrían más rápido que los océanos.

En la atmósfera el aire caliente es mucho más ligero que el aire frío, por lo que se eleva hasta una altura de aproximadamente 10 Km, para posteriormente orientarse dirección norte y sur. De esta manera, las corrientes de aire frío se desplazan por debajo de las corrientes de aire caliente. Así mismo, las masas de agua y aire se mueven en un sistema rotatorio, que no sigue una línea recta sino que, debido a la rotación de la Tierra, sigue una trayectoria circular (en sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte, y en sentido contrario en el hemisferio sur. La ley de Coriolis explica esta dirección de giro del viento.

Paralelamente, debido a la diferente velocidad de cambio de temperatura del aire en zonas de agua y zonas de continente, se establecen diferencias de presión, que influyen en la formación de corrientes de aire.

En resumen, el viento no es más que las corrientes de aire que se forman al intentar compensarse la presión del aire en diferentes regiones. Aproximadamente el 1% o el 2% de la energía que recibimos del Sol se transforman en energía eólica. Un estudio americano mostró que esta energía sería suficiente para cubrir la demanda energética del planeta.

Así entonces la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transmutada en otras formas útiles de energía para las actividades humanas.

En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores. A finales de 2011, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 238 gigavatios. En 2011 la eólica generó alrededor del 3% del consumo de electricidad mundial.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Su principal inconveniente es la intermitencia del viento.¹⁰

¹⁰ <http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica>

Producción y obtención de energía eólica

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 adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2 % de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada "cut-in speed", y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada "cut-out speed".

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices, como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.¹¹

¹¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

Utilización de la energía eólica

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 adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Coste de la energía eólica

El coste de la unidad de energía producida en instalaciones eólicas se deduce de un cálculo bastante complejo. Para su evaluación se deben tener en cuenta diversos factores, entre los cuales cabe destacar:

- El coste inicial o inversión inicial, el costo del aerogenerador incide en aproximadamente el 60 a 70%. El costo medio de una central eólica es, hoy, de unos 1.200 Euros por kW de potencia instalada y variable según la tecnología y la marca que se vayan a instalar.
- Debe considerarse la vida útil de la instalación (aproximadamente 20 años) y la amortización de este costo.

Calculo de la energía eólica

La energía eólica es la energía cinética de las partículas de aire que se mueven con una velocidad V . Una superficie circular de radio r , perpendicular a la dirección del viento, que es atravesado durante un tiempo t por la siguiente masa de aire:

La energía eólica es la energía cinética

$$m = \rho V = \rho \cdot Avt = \rho \cdot \pi r^2 vt$$

Por lo tanto, la energía cinética del aire es:

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{\pi}{2}\rho \cdot r^2 tv^3$$

$$P_{Wind} = \frac{E_{kin}}{t} = \frac{\pi}{2} \rho \cdot r^2 v^3$$

Hay que prestar atención al dato de que la potencia eólica depende del cubo de la velocidad del aire. Por lo tanto, la velocidad es el factor más importante a la hora de calcular la energía eólica.

Calculo de la densidad de aire

En los sistemas de medición, la densidad del aire juega un papel muy importante. Ésta presenta grandes variaciones a diferentes alturas y a diferentes temperaturas. La diferencia de densidad de aire entre -10 °C y +30 °C es de 0.177 kg/m³

La densidad es:

$$\rho = \frac{p}{RT}$$

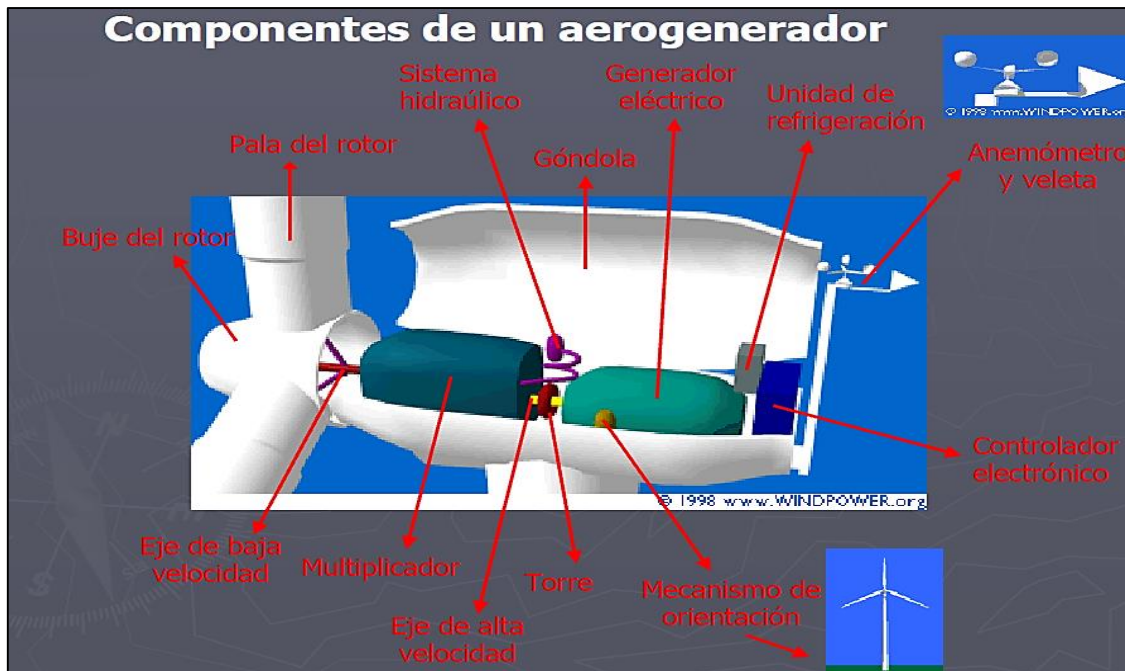
Componentes del aerogenerador

Dentro de un aerogenerador encontramos partes fundamentales que unificadas forman

- **Góndola.** La góndola contiene los componentes claves del aerogenerador, en la cual se alojan de tal manera que conforman el conjunto principal
- **Buje del rotor.** El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
- **Palas del rotor.** Las palas del rotor capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje, en un aerogenerador moderno de 1000 kW cada pala mide alrededor de 27 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión.
- **Eje de baja velocidad.** El eje de baja velocidad del aerogenerador conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira bastante lentamente, de unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.). El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.
- **Eje de alta velocidad.** El eje de alta velocidad gira aproximadamente a 1.500 revoluciones por minuto (r.p.m.), lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina
- **Multiplicador.** El multiplicador tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápidamente que el eje de baja velocidad.

- **Generador.** El generador eléctrico suele llamarse generador asíncrono o de inducción. En un aerogenerador moderno la potencia máxima suele estar entre 500 y 3000 kilovatios (kW).
- **Sistema hidráulico.** El sistema hidráulico es utilizado para restaurar los frenos aerodinámicos del aerogenerador.
- **Unidad de refrigeración.** La unidad de refrigeración contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad de refrigeración del aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores enfriados por agua.
- **Anemómetro y veleta.** El anemómetro y la veleta se utilizan para medir la velocidad y la dirección del viento. Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 metros por segundo. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 metros por segundo, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para girar al aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.
- **Torre del aerogenerador.** La torre del aerogenerador soporta la góndola y el rotor. En los grandes aerogeneradores las torres tubulares pueden ser de acero, de celosía o de hormigón. Las torres tubulares tensadas con vientos sólo se utilizan en aerogeneradores pequeños (cargadores de baterías, etc.).
- **Mecanismo de orientación.** El mecanismo de orientación es activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta. El dibujo muestra la orientación de la turbina. Normalmente, la turbina sólo se orientará unos pocos grados cada vez, cuando el viento cambia de dirección.
- **Controlador electrónico.** El controlador electrónico tiene un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante módem.

Figura 4. Estructura de un aerogenerador.



Ventajas de la energía eólica

El viento es un recurso inagotable, es decir es una energía renovable. Es una energía limpia, no contaminante y Cada MW eólico instalado evita cada año la emisión en la atmósfera de 2.900 toneladas de dióxido de carbono. Los parques eólicos son fáciles de desmontar y de reutilizar el terreno. Contribuye a frenar el cambio climático, además desde el punto de vista económico Impulsa la educación y la formación de los jóvenes de la zona desarrollada, es compatible con otras actividades como la selvicultura, ganadería, etc. Como también crea 5 veces más puestos de trabajo que las energías convencionales e incrementa la capacidad de crear trabajos indirectos. Incrementa el PIB por transferencia de rentas.

Otros puntos positivos: Produce independencia de otras energías, porque es una energía autóctona, es decir, no hace falta importarla. Todos los consumos que produce los compensa con las ganancias de su energía producida. Permite el ahorro de la compra de combustible. España es la líder en todo el mundo de la energía eólica y está instalada en otros países como China. En un año 10 molinos generan energía para abastecer 19.000 hogares. Un molino de viento evita la emisión de 6.375 toneladas anuales de CO₂.

- Es un tipo de energía renovable ya que tiene su origen en procesos atmosféricos debidos a la energía que llega a la Tierra procedente del Sol.
- No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO₂), por lo que no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático.

- Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines, por ejemplo en zonas desérticas, próximas a la costa, en laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables.
- Puede convivir con otros usos del suelo, por ejemplo prados para uso ganadero o cultivos bajos como trigo, maíz, patatas, remolacha, etc.
- Crea un elevado número de puestos de trabajo en las plantas de ensamblaje y las zonas de instalación.
- Su instalación es rápida, entre 4 meses y 9 meses
- Su inclusión en un sistema ínter ligado permite, cuando las condiciones del viento son adecuadas, ahorrar combustible en las centrales térmicas y/o agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.
- Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la energía solar fotovoltaica, permite la auto alimentación de viviendas, terminando así con la necesidad de conectarse a redes de suministro, pudiendo lograrse autonomías superiores a las 82 horas, sin alimentación desde ninguno de los 2 sistemas.

Posibilidad de construir parques eólicos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, aunque aumentan los costes de instalación y mantenimiento. Los parques offshore son una realidad en los países del norte de Europa, donde la generación eólica empieza a ser un factor bastante importante.

Desventajas de la energía eólica

Desde el punto de vista medioambiental la densidad energética del viento es muy baja, la generación de cantidades significativas de electricidad por métodos eólicos requiere el uso de grandes extensiones de tierra. Los sitios adecuados para la generación eólica, especialmente el mar abierto, están remotos y lejos de la concentración de demanda para la electricidad. Los periodos de máxima demanda durante el día y máxima generación por la noche cuando los vientos están más fuertes no coinciden, y también, por supuesto, no hay siempre viento. Los efectos estéticos en el campo natural (ubicación adecuada ayuda a resolver este problema), sonido emitido por las máquinas (la ingeniería moderna ha reducido este efecto muchísimo) y la interferencia electromagnética (que se puede reducir por ubicación adecuada y la instalación de antenas). También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "pasillos" a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

Otras desventajas: Al ser el aire fluido implica producir molinos de gran envergadura, esto conlleva la necesidad de mayor terreno para la construcción y un mayor coste de construcción.

Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

3.3 Problema central, causas y efectos

El municipio de Guachucal es una zona rica en el sector primario con múltiples posibilidades de brindar las mejores condiciones económicas sociales a sus pobladores. La agricultura y la ganadería pueden ser explotadas e impulsadas de la mejor manera mediante cooperativas de acopio que se encarguen de la recolección, procesamiento, transporte y venta de los productos.

Estas asociaciones tienen múltiples dificultades para su funcionamiento, una de las principales es el costo y la oferta de servicios públicos, entre ellos la energía eléctrica.

Figura 5. Problema Central.



4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

4.1 Nombre de la alternativa

Estudio para la Generación Eléctrica con Energía Eólica en el Municipio de Guachucal del Departamento de Nariño.

4.2 Resumen de la alternativa

La producción de energía eléctrica a través del viento normalmente se asocia a la imagen de las numerosas y enormes máquinas de los parques eólicos, pero cabe la posibilidad de emplear instalaciones de pequeña potencia, de un tamaño poco superior al de una antena parabólica para generar energía eléctrica.

Desde el punto de vista de la energía eólica, la característica más importante del viento es su variabilidad, tanto desde el punto de vista geográfico como temporal.

A gran escala, la variabilidad espacial describe el hecho de que en el mundo existen diferentes zonas climáticas, algunas con mayor disponibilidad de recursos que otras, determinadas fundamentalmente por su latitud, longitud, tipo de vegetación, características topográficas sin duda afectan la cantidad de viento.

El departamento de Nariño presenta vientos con fuerza y dirección constante, durante gran parte del año, por lo que algunas zonas pueden ser usadas para la generación de energía eléctrica usando la fuerza del viento.

La evaluación del potencial eólico en el departamento de Nariño se encuentra en un estado incipiente. El objetivo del proyecto es presentar posibilidades futuras para la generación de energía eólica, tanto por sus fuertes vientos y orientación.

El proyecto fundamenta la oportunidad de generar energía eléctrica en el municipio de Guachucal aprovechando la energía eólica de la región. El estudio está basado en la determinación técnica con mediciones de la velocidad del viento de que esta región del departamento de Nariño es la más adecuada para aprovechar este tipo de energía renovable con grandes oportunidades de generación para suplir la demanda de microempresas nacientes que pagan excesivos costos energéticos y limitan su crecimiento.

La actividad del proyecto consiste en los estudios para la implementación de un sistema de generación de electricidad a partir del aprovechamiento del viento y se utilizara para reemplazar en alguna proporción a estudiarse la electricidad requerida por las de empresas lácteas que se encuentran en el municipio de Guachucal, por lo tanto el proyecto contribuye a la sustitución del consumo de electricidad generada por hidroeléctricas, gas natural y acpm.

Se desarrollarán estudios sobre el comportamiento del viento en el municipio de Guachucal, para establecer las tendencias en la velocidad y la dirección que este fenómeno climático presenta a lo largo de seis meses del año.

4.3 Objetivos

4.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio para la formulación del proyecto a nivel de perfil para la generación eléctrica con energía eólica en el municipio de Guachucal.

4.3.2 Objetivos Específicos

1. Lograr un estudio sobre generación eléctrica con energía eólica, antecedentes de proyectos con este tipo de energía en el país, ventajas desventajas de su utilización.
2. Estudiar la viabilidad de la generación de energía eólica en Guachucal, su beneficio económico social en la comunidad y el impacto ambiental en la región.
3. Establecer los posibles aerogeneradores a utilizar, costos de la implementación del sistema de generación, instalación, protecciones, operación, mantenimiento, construcción de líneas de media tensión.
4. Formular el proyecto a nivel de perfil.

4.4 Productos, Actividades y Personal Requerido

Objetivo 1:

Producto 1.1

Informe del estado del arte sobre generación eléctrica con energía eólica, ventajas desventajas de su utilización.

Actividad 1.1.1:

Estado del arte sobre generación eléctrica con energía eólica y establecer las ventajas y desventajas de su utilización.

Producto 2.2

Informe sobre antecedentes de proyectos con este tipo de energía en el país.

Actividad 2.2.1

Antecedentes de proyectos sobre generación eléctrica con energía eólica en el país.

Personal requerido: Auxiliar de investigación, Coordinador proyecto.

Objetivo 2:

Producto 2.1

Estudio sobre la viabilidad de la generación eléctrica con energía eólica en la región.

Actividad 2.1.1:

Análisis del aprovechamiento de la energía eólica de la zona teniendo en cuenta características ambientales, geográficas y/o económico sociales y su beneficio económico social en la comunidad.

Actividad 2.1.2

Determinación de la velocidad mínima, media y máxima del viento en la región mediante el análisis de medidas de 6 meses del año 2012.

Producto 2.2

Estudio sobre el impacto ambiental del proyecto.

Actividad 2.2.1:

Investigación sobre los problemas generados en el ambiente al generar electricidad con energía eólica en la región y posibles estrategias para mitigar estos inconvenientes.

Actividad 2.2.2

Búsqueda de la normatividad legal de generación eléctrica con energía eólica en el país.

Personal requerido: Ingeniero Ambiental, Ingeniero Eléctrico, Auxiliar de investigación, Orlando Mejía, Coordinador proyecto.

Objetivo 3:

Producto 3.1

Estudio sobre aerogeneradores, costos en infraestructura de generación, operación y mantenimiento.

Actividad 3.1.1:

Estimación del aerogenerador de acuerdo a los resultados de la actividad 2.1.2.

Actividad 3.1.2

Estimación de costos de la implementación de sistemas de generación de energía eólica, aerogeneradores, instalación, protecciones, operación, mantenimiento, construcción de líneas de media tensión.

Personal requerido: Ingeniero Civil, Ingeniero Eléctrico, Auxiliar de investigación, Coordinador proyecto.

Producto 4.1

Formulación del proyecto a nivel de perfil.

Actividad 4.1.1:

Organización de productos logrados al cumplir los objetivos propuestos.

Actividad 4.1.2

Elaboración de informe del proyecto y presentación.

Personal requerido: Economista experto en formulación de proyectos, Coordinador proyecto.

4.5 Identificación y descripción de la innovación propuesta

Estudio de la implementación de una fuente alternativa de generación eléctrica competitiva y complementaria a las fuentes existentes en el momento, beneficiosa económica y socialmente para el municipio de Guachucal.

4.6 Metodología y distribución de responsabilidades

La metodología está encaminada a dos aspectos primordiales:

- Medidas de Velocidad del Viento en la Región.
- Consumo de energía eléctrica en empresas lácteas de la región.

- Diseño del Aerogenerador.
- Impacto Ambiental.

De manera preliminar se desarrollaron estudios sobre el comportamiento del viento en el municipio de Guachucal, en los cuales se observaron las tendencias en la velocidad y la dirección que este fenómeno climático presentó a lo largo de los primeros seis meses del año, esta información se adquirió a través de un equipo de medición con especificaciones técnicas que se ajustan a la necesidad del proyecto.

Por lo tanto, se iniciará con la descripción de lo ya realizado y la respectiva información obtenida, y a partir de ello, se presentarán los detalles de las actividades a llevarse a cabo para lograr los objetivos planteados en este documento.

Instrumento utilizado para la medición de velocidad.

El instrumento utilizado para la medición del viento registrado en el área de trabajo fue el anemómetro de veleta modelo 451112 Extech, el cual desempeña las siguientes funciones:

- Medición en grados C o F intercambiables
- Función de retención de datos
- Mide la velocidad y temperatura del aire

Tabla 2. Especificaciones técnicas anemómetro de veleta modelo 451112 Extech.

COMPONENTES	DESCRIPCION
Pantalla	Lcd de 18 mm
Mediciones	m/s, km/h, ft/mn, nudos, temp. C y F
Retención de datos	Congela el valor presente en la pantalla cuando de selecciona y almacena los datos.
Estructura del sensor	Sensor de velocidad del aire: brazo de veletas convencional con diseño rodamiento balanceado de bola de baja fricción. Sensor temperatura: Thermister.
Suministro de energía	Batería de 9v tipo trabajo pesado
Corriente de energía	Aprox. 9 a DC
Peso	450 g
Dimensiones	Instrumento principal 180X 2X32mm cabeza del sensor. 72 mm diámetro. Cable sensor 1m.

Figura 6. Anemómetro de veleta modelo 451112 Extech.



Instrumento utilizado para la medición de dirección.

Para determinar la dirección del viento se instaló una herramienta de direccionamiento práctica, sencilla y común en los aeropuertos, como es la manga de viento la cual tuvo las siguientes características.

- Mástil: Acero galvanizado, diámetro 50 mm. Altura 4 m. La fijación al suelo se realiza con dos hierros galvanizados en forma de U de 1500 x 100 mm para anclar y tornillos.
- Modelo basculante: permite un fácil acceso a la manga mediante la inclinación de la parte superior del mástil.
- Veleta: Compuesta por un tubo galvanizado de diámetro de 21 mm, con capuchón, que garantiza la firmeza de la unión entre el mástil y el cuadro, Montada sobre un rodamiento de bolas.

- Manga: De nylon color naranja.

Figura 7. Equipo utilizado para determinar la dirección del viento.



Metodología para el cálculo de velocidad y dirección del viento.

El desarrollo del trabajo requirió un amplio conocimiento de la climatología del país, se utilizó un modelo numérico meteorológico de un conjunto de ecuaciones diferenciales que se aplica a la dinámica y termodinámica de la atmósfera. No obstante, antes de iniciar la explicación de la metodología empleada en el desarrollo del cálculo de la velocidad y dirección del viento, vale la pena mencionar a manera de ejemplo, cómo se prepararon los datos a nivel mensual.

Los promedios mensuales se generan a través de los datos recogidos en las diferentes horas del día, para cada dato de velocidad y dirección de una hora específica y para cada mes.

El viento como vector, tiene dirección φ y magnitud representada por su velocidad V , por lo tanto se puede descomponer en zonal u (sentido este-oeste) y meridional v (sentido norte-sur).

Ubicación geográfica de estudios desarrollados.

El desarrollo de la toma de datos se ejecutó dentro del perímetro del municipio de Guachucal, el cual se encuentra rodeado de flora y fauna características específicas de la región de clima frío.

Figura 8. Ubicación de estudios desarrollados



Desarrollo y toma de datos.

El desarrollo de la toma de datos con el instrumento de medición se ejecutó durante los seis primeros meses del año 2013, en los cuales se registraron las velocidades máximas, mínimas y promedio. A continuación se describe en detalle los datos obtenidos.

Tabla 3. Especificaciones generales del equipo utilizado.

Zona de Medición y Especificaciones iniciales del equipo		Número de datos utilizados para el cálculo de la velocidad del viento.	Mes
Nombre del sitio:	Guachucal	744	Enero
m.s.n.m	3.180	696	Febrero
Anemómetro digital	1	744	Marzo
WS NIVEL 1	10 metros	721	Abril
WD 1	10 metros	744	Mayo
Latitud Norte	0° 57' 50"	721	Junio
Longitud al oeste de Greenwich.	77° 43' 50"	744	Julio
		744	Agosto

Tabla 4. Velocidades Máximas registradas mensualmente.

Resumen Velocidad. Max. Por mes. [m/s]	
Enero	17,8
Febrero	23,5
Marzo	22,4
Abril	16,3
Mayo	19,4
Junio	24,3
Julio	24,8
Agosto	24,6

Tabla 5. Velocidades Mínimas registradas mensualmente.

Resumen Velocidad Min. Por Mes. [m/s]	
Enero	0,9
Febrero	0,5
Marzo	0,7
Abril	0,5
Mayo	0,4
Junio	0,8
Julio	0,4
Agosto	0,5

Tabla 6. Velocidades Promedio

Resumen Velocidad Promedio Por mes. [m/s]	
Enero	7,66
Febrero	8,93
Marzo	8,18
Abril	9,63
Mayo	8,90
Junio	9,12
Julio	8,00
Agosto	9,47

A continuación se muestran las gráficas registradas con los datos obtenidos en el transcurso del estudio de la velocidad del viento, las cuales son muy importantes a la hora de observar las tendencias que se presentan en cada uno de los muestreos ejecutados cada 60 minutos

Figura 9. Velocidad máxima.

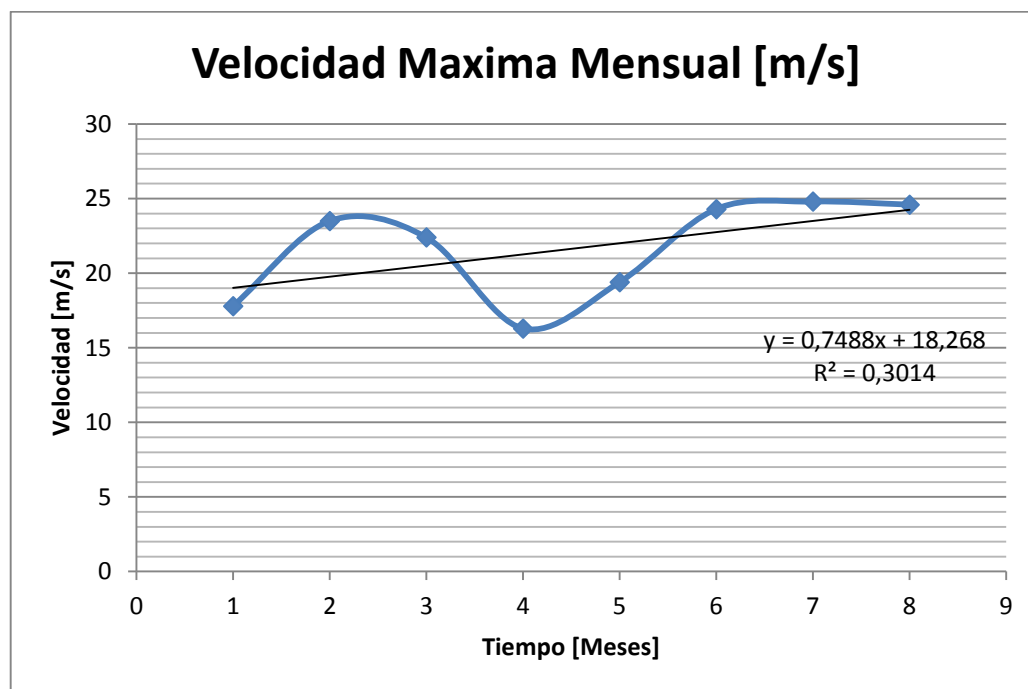


Figura 10. Velocidad máxima por mes.

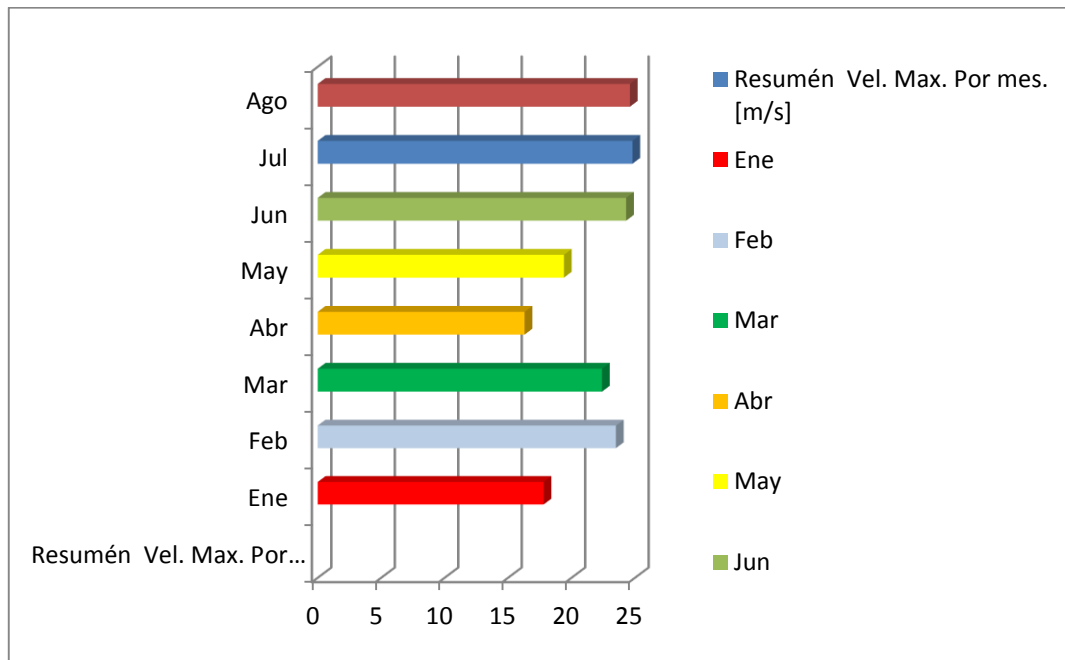


Figura 11. Velocidad mínima.

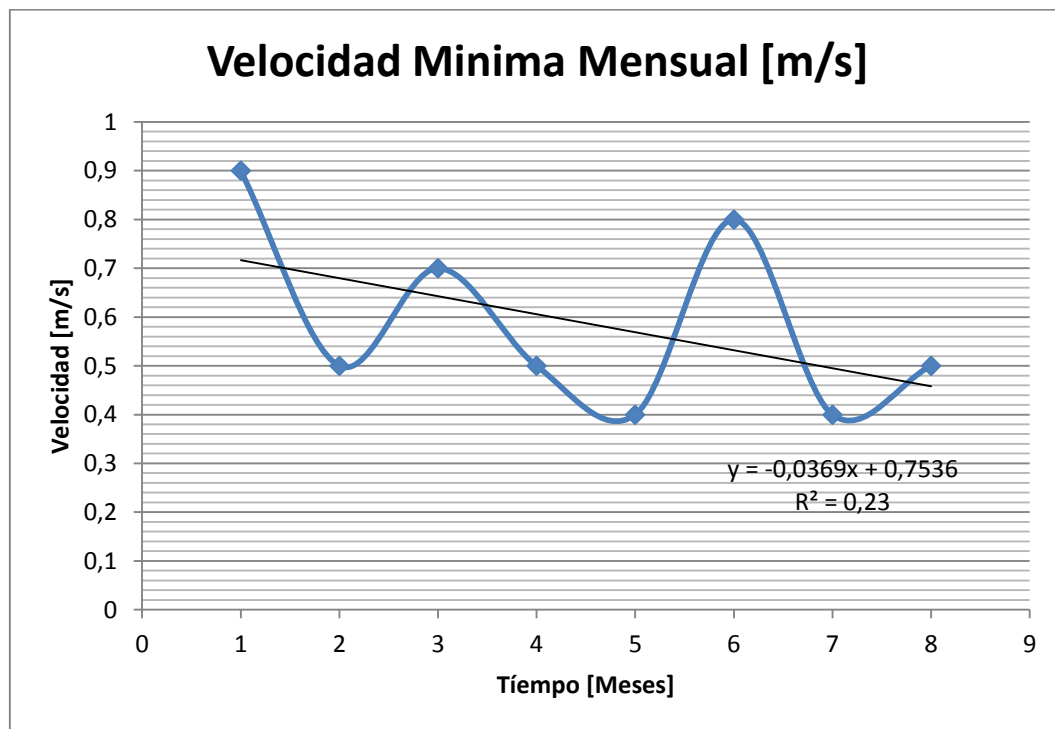


Figura 12. Velocidad mínima por mes.

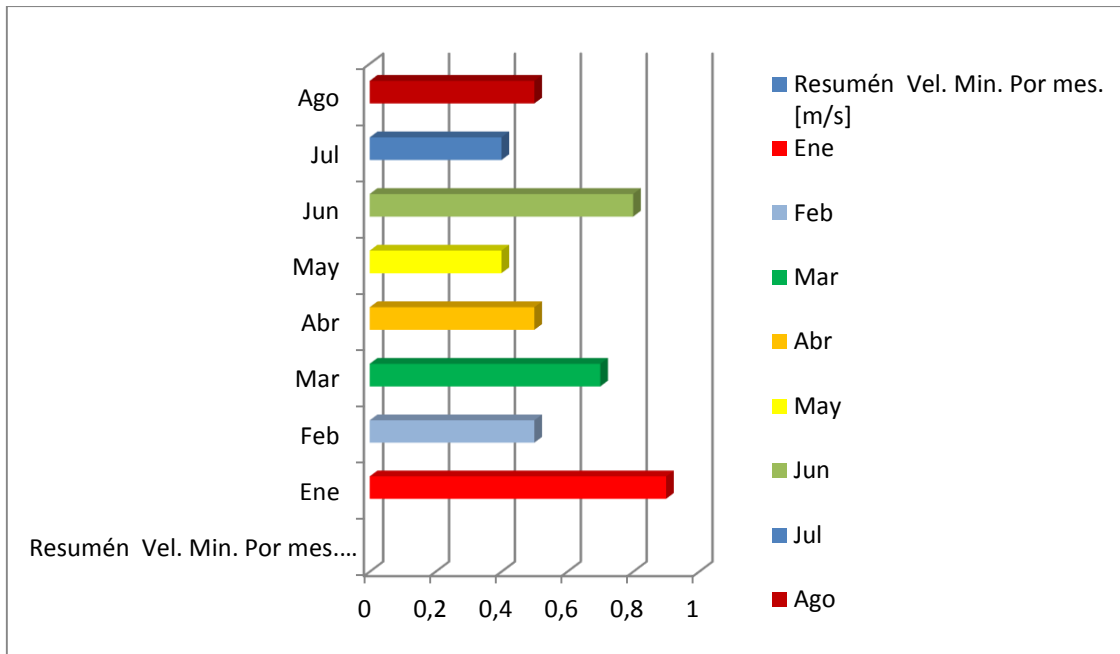


Figura 13. Velocidad Promedio.

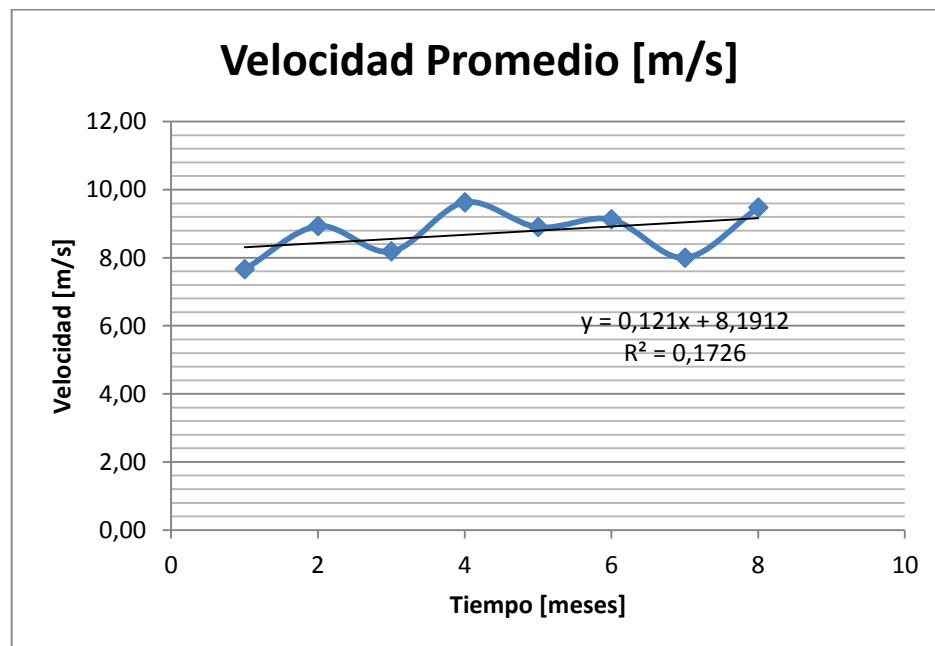
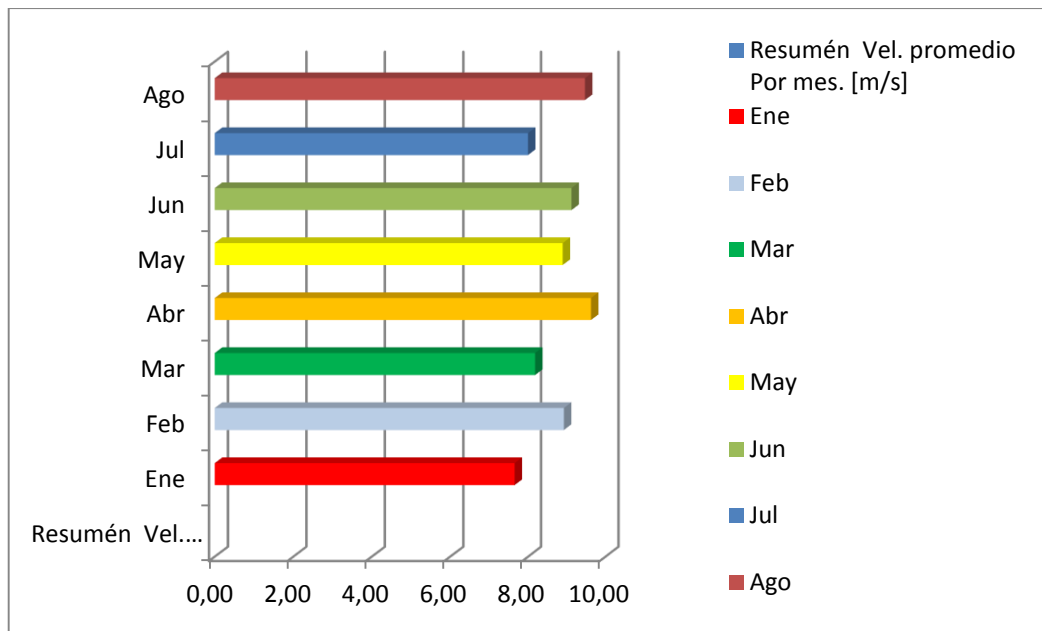


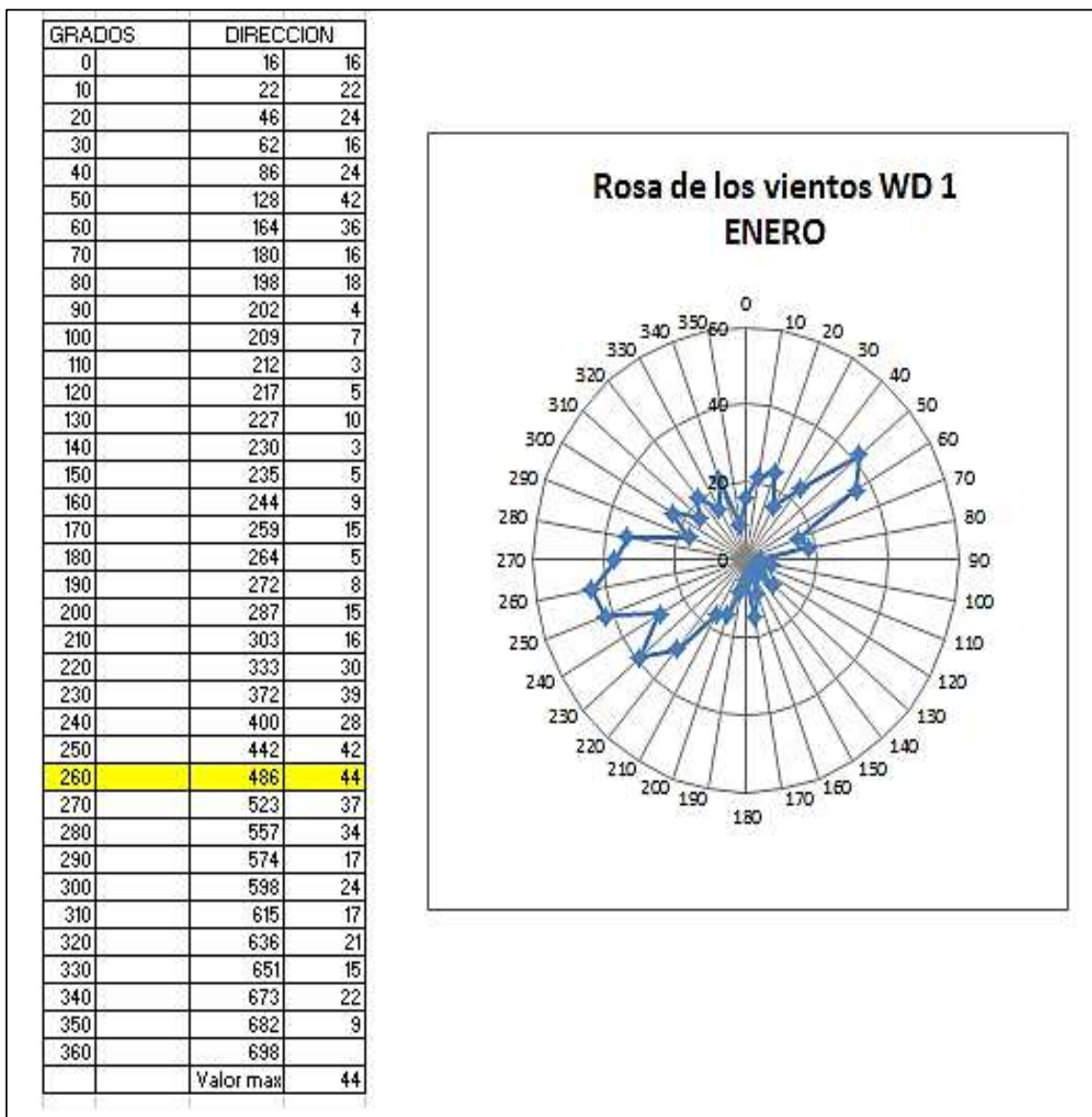
Figura 14. Velocidad Promedio por mes.



A continuación se muestra el estudio y registro de la dirección del viento, en el municipio de Guachucal en el departamento de Nariño.

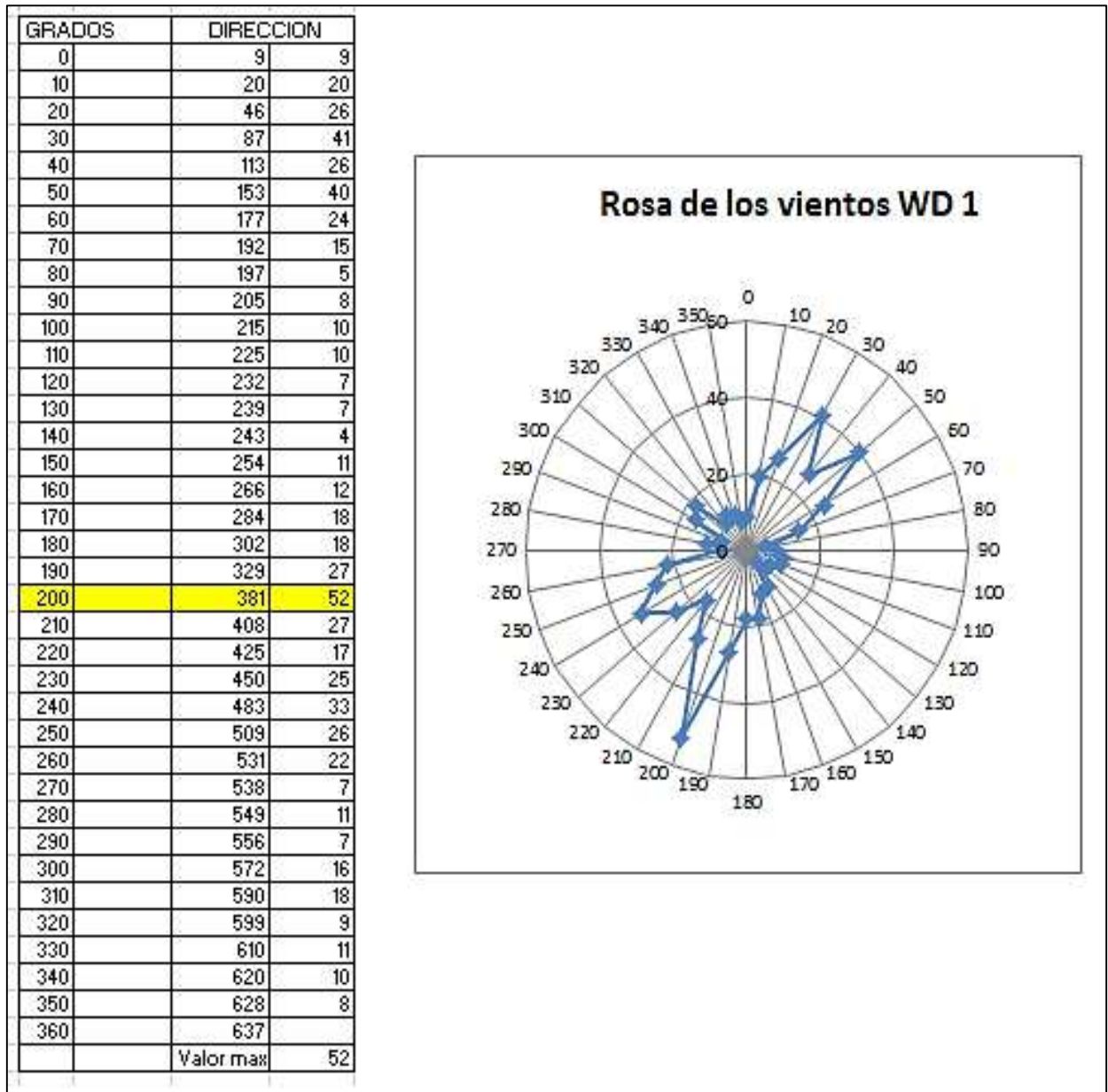
- Dirección de viento mes de Enero: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 44 horas hacia la dirección de los grados 250° y 260°.

Figura 15. Dirección del viento mes de Enero.



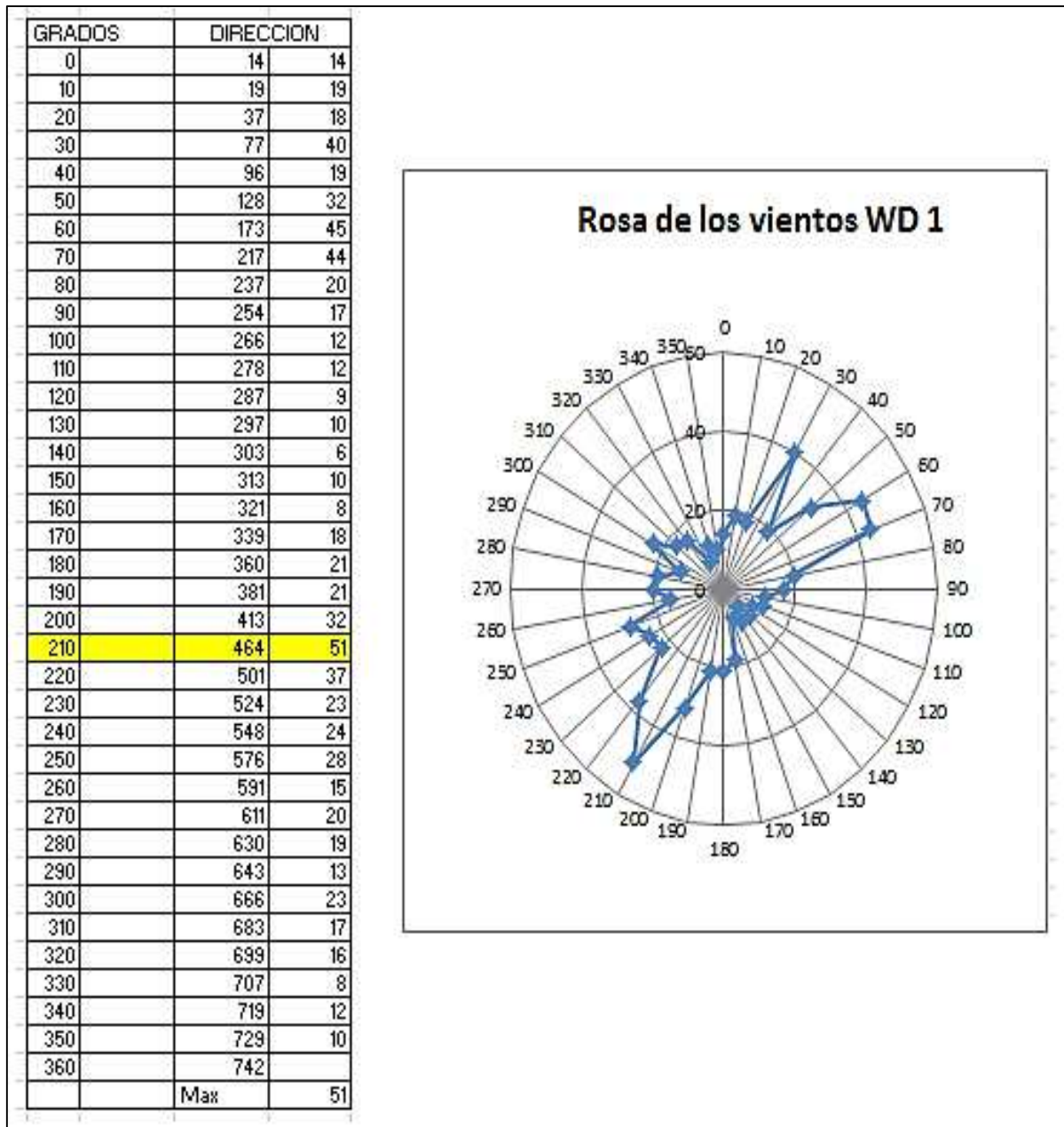
- Dirección de viento mes de Febrero: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 53 horas hacia la dirección de los grados 190° y 200°.

Figura 16. Dirección del viento mes de Febrero.



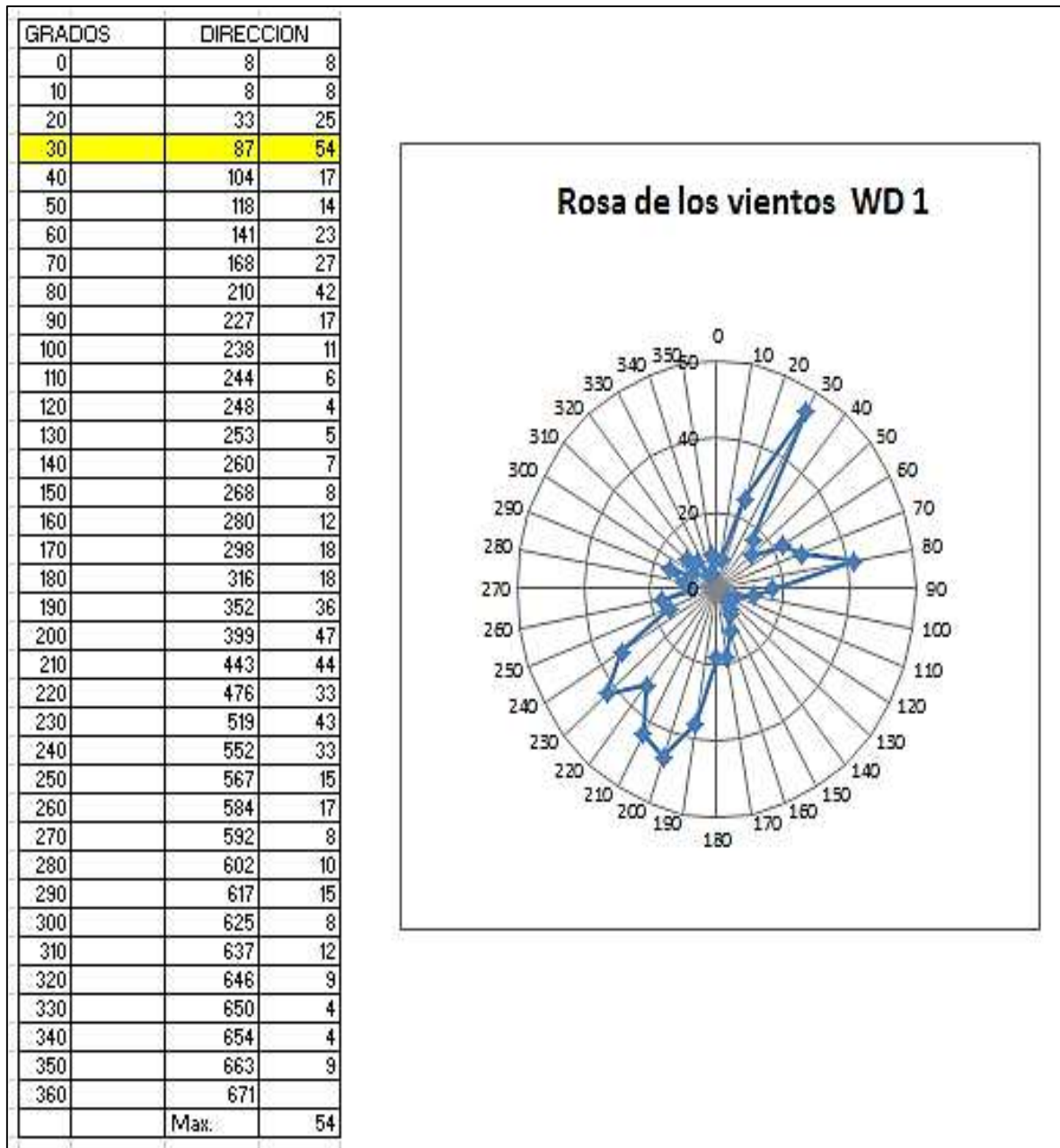
- Dirección de viento mes de Marzo: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 51 horas hacia la dirección de los grados 200° y 210°.

Figura 17. Dirección del viento mes de Marzo.



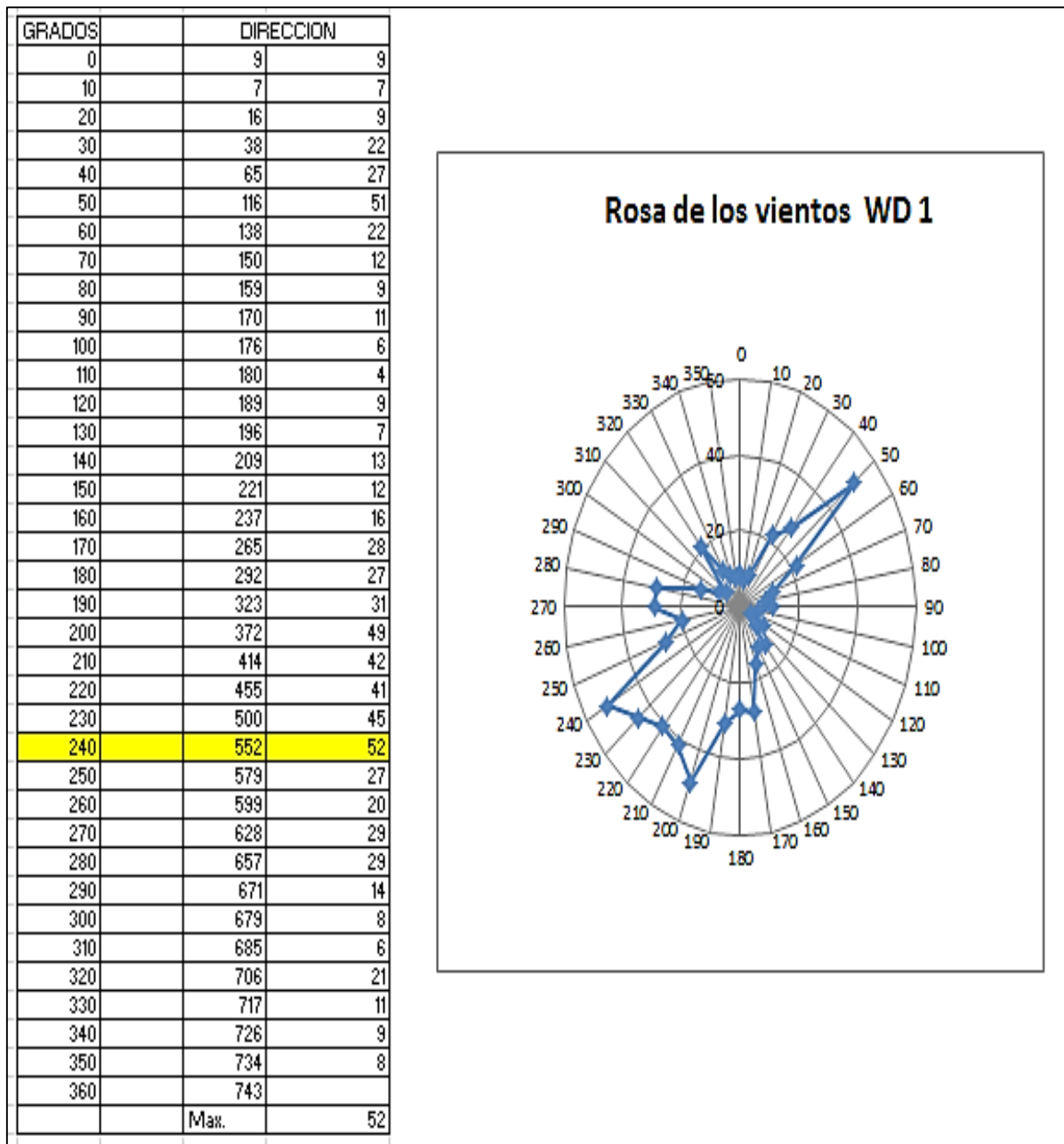
- Dirección de viento mes de Abril: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 54 horas hacia la dirección de los grados 20° y 30°.

Figura 18. Dirección del viento mes de Abril.



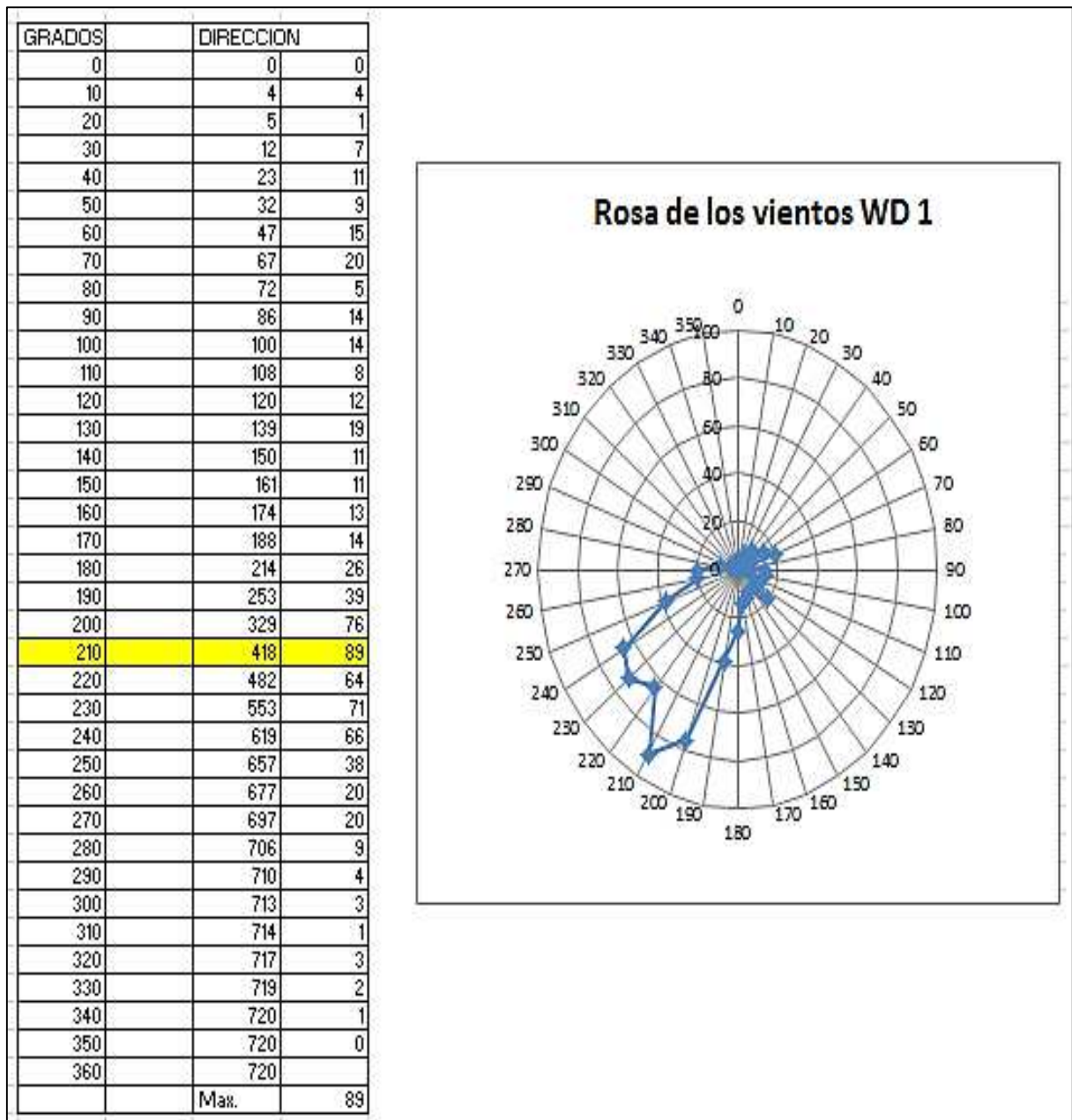
- Dirección de viento mes de Mayo: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 52 horas hacia la dirección de los grados 230° y 240°.

Figura19. Dirección del viento mes de Mayo.



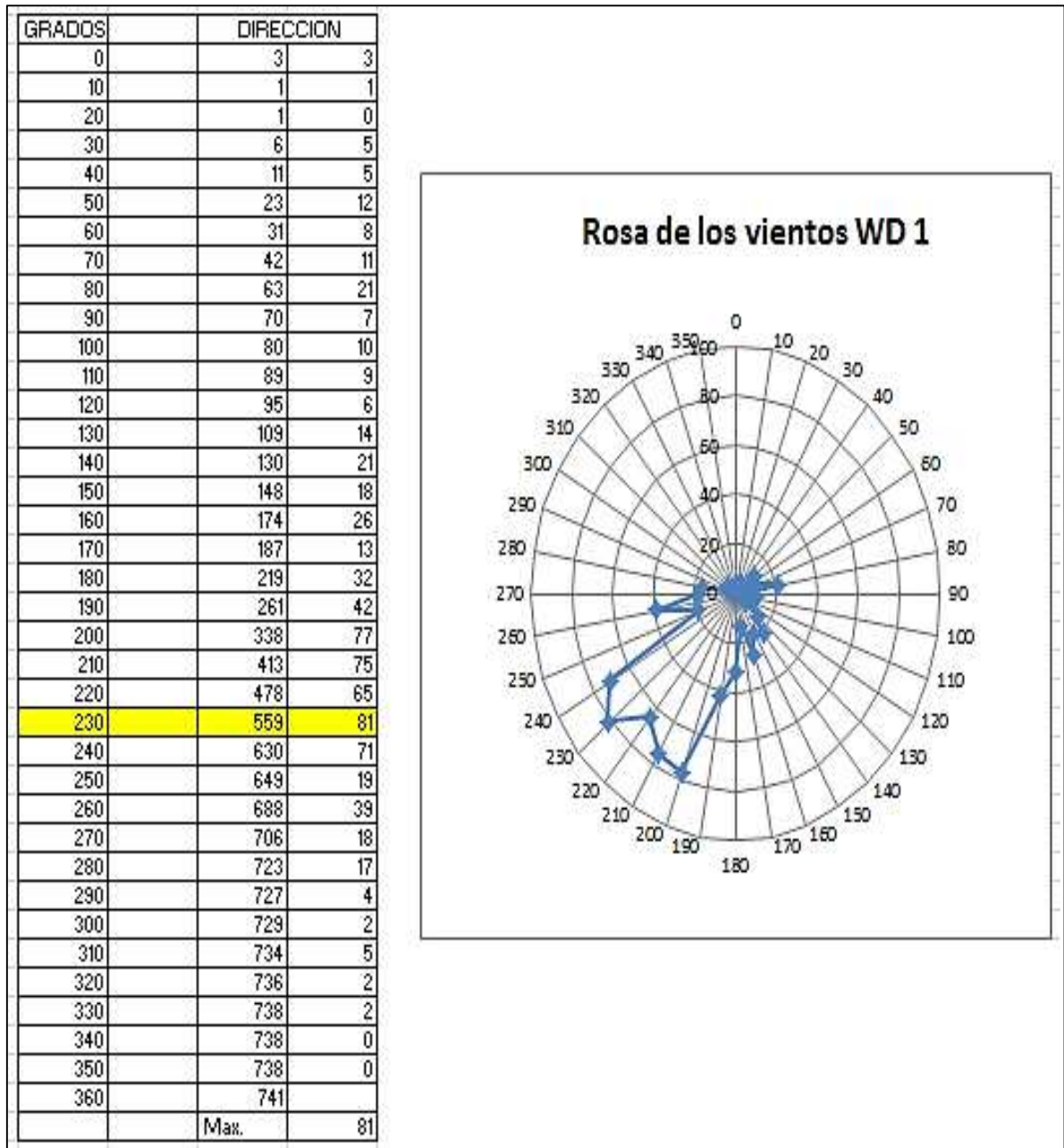
- Dirección de viento mes de Junio: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 89 horas hacia la dirección de los grados 200° y 210°.

Figura 20. Dirección del viento mes de Junio.



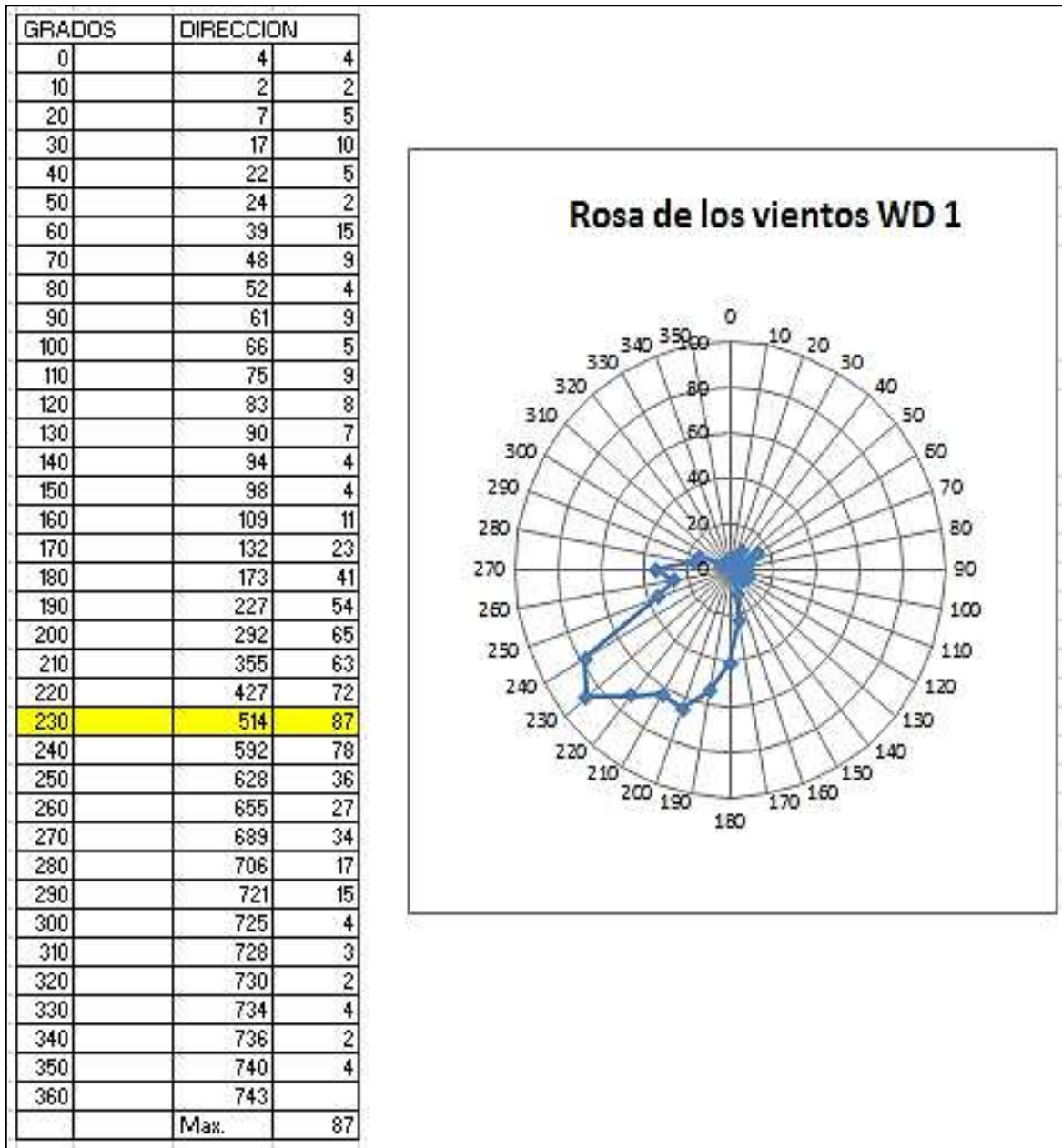
- Dirección de viento mes de Julio: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 81 horas hacia la dirección de los grados 220° y 230°.

Figura 21. Dirección del viento mes de Julio.



- Dirección de viento mes de Agosto: luego de la toma de datos la dirección del viento ha estado predominando 81 horas hacia la dirección de los grados 220° y 230°.

Figura 22. Dirección del viento mes de Agosto.



Aerogeneradores

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices (molinos), como para la producción de energía eléctrica.

En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

La baja densidad energética, de la energía eólica por unidad de superficie, trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica está representado por los "parques eólicos" (varios aerogeneradores implantados en el territorio y conectados a una única línea que los conecta a la red eléctrica a nivel local).

Luego de realizar el estudio de vientos en el área de trabajo, se estudiaron algunos modelos y marcas que se ajustan a las necesidades medioambientales del proyecto, a continuación describiéremos las posibles tecnologías que se acoplan a las condiciones climáticas de la región.

WINDSPOT 7.5 W

Este tipo de aerogenerador presenta condiciones apropiadas para el arranque, además cuenta con una velocidad nominal promedio que garantiza la generación de energía a través del tiempo de puesta en funcionamiento.

Tabla 7. Dirección del viento mes de Agosto.

FICHA TECNICA DEL AEROGENERADOR	
POTENCIA	7.5 kW @ 200 rpm
DIÁMETRO DEL ROTOR	6.3 m
VELOCIDAD DE ARRANQUE	3 m/s
VELOCIDAD NOMINAL	12 m/s
PESO	420 kg
LONGITUD	4 m
PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA	11900-24200 kWh
EMISIONES DE CO2	AHORRADAS 7730-15700 kg
TIPO ROTOR	horizontal a barlovento
GENERADOR	Síncrono de imanes permanentes; 3 fases, 24-48-110-220 V a 50/60 Hz
ORIENTACIÓN	Sistema pasivo: Timón de orientación
CONTROL DE POTENCIA	Sistema de Paso Variable pasivo, centrífugo y amortiguado (diseño patentado)
TRANSMISIÓN	Directa

FRENO	Eléctrico
CONTROLADOR	Opción de conexión a red y para carga de baterías
INVERSOR	Eficiencia \approx 95% ; Algoritmo MPPT
RUIDO	45 dB(A) a 60 m de distancia y viento de 8 m/s (según estándares BWEA)
PROTECCIÓN ANTI-CORROSIÓN	Diseño totalmente sellado + cataforesis + anodizado + pintura resistente a UV
TORRE	16 y 18 m; con sistema hidráulico o mecánico de abatimiento
DISEÑO	Según norma IEC61400-2

Figura 23. Curva de potencia.

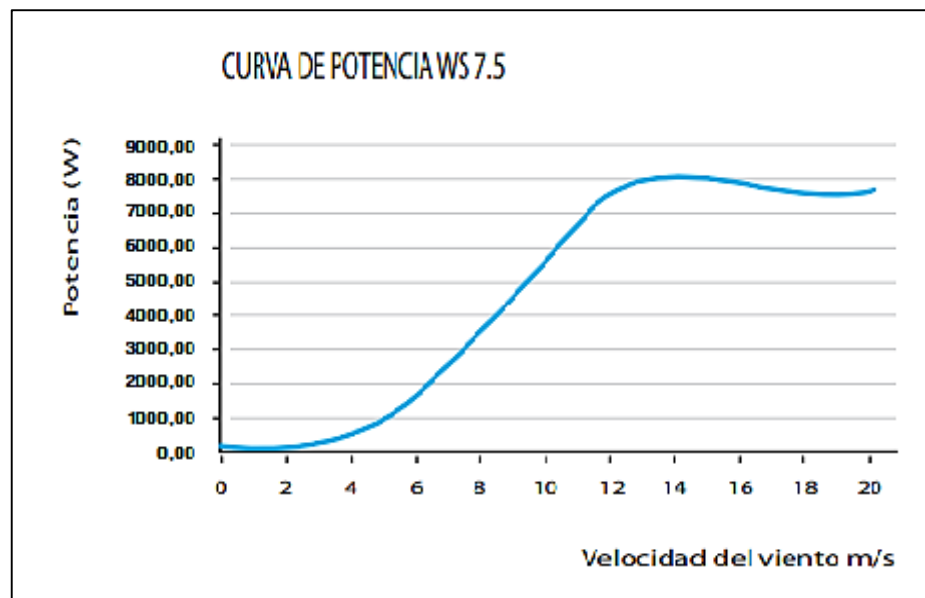


Figura 24. Producción Anual.

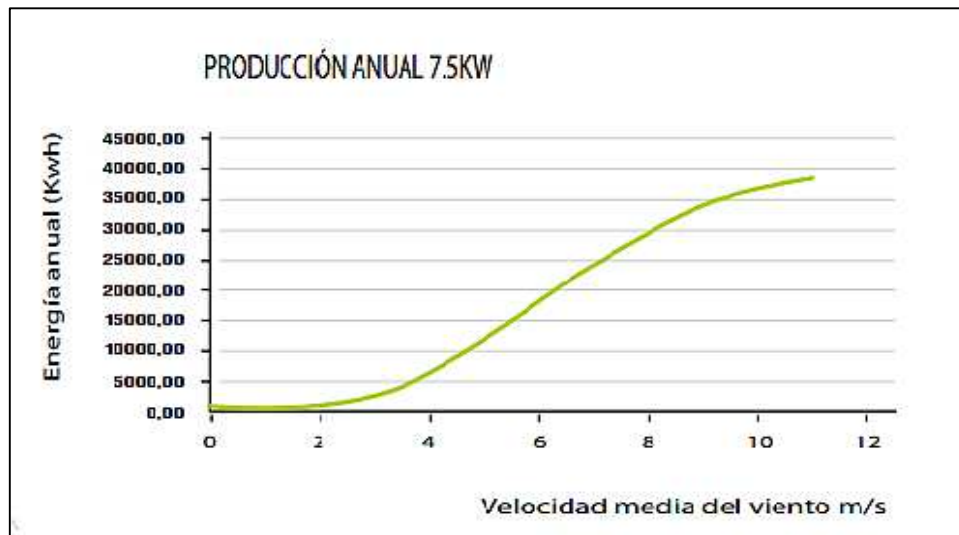


Figura 25. Aerogenerador 7.5 W



Bornay 6000

Este tipo de aerogenerador presenta las mejores condiciones para el proyecto ya que su capacidad de generación y eficiencia garantiza que su utilización en el área de estudio sea óptima y se obtenga los mejores registros para su puesta en marcha en el servicio.

A continuación describiremos los registros técnicos más relevantes de este tipo de aerogenerador.

Tabla 8. Datos técnicos del aerogenerador Bornay 6000.

Especificaciones técnicas	
Número de hélices	3
Diámetro	4 mts
Material	Fibra de vidrio / carbono
Dirección de rotación	Contrario a las agujas del reloj
Sistemas de control	1) Regulador electrónico
	2) Pasivo por inclinación
Especificaciones eléctricas	
Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	6000 W
Voltaje	48, 150 V
RPM	@ 600
Regulador	48v 150 Amp.
	120v. Conexión a red
Velocidad de viento	
Para arranque	3,0 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima velocidad de viento	60 m/s
Especificaciones físicas	
Peso aerogenerador	107 kg
Peso regulador	18 kg
Embalaje	120 x 80 x 80 cm - 149 Kg
Dimensiones – peso	260 x 40 x 15 cm - 22 Kg
Garantía	3 años

Figura 26. Curva de Potencia.



Figura 27. Curva de producción.

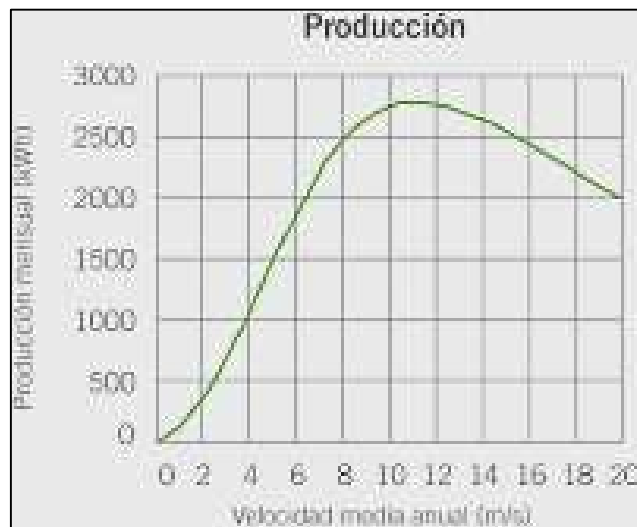


Figura 28. Aerogenerador Bornay 6000.



Energía consumida en el municipio de Guachucal

Aerogenerador Bornay 6000

Generación mensual 2.700 kWh

Velocidad media 10 m/s

720 horas mes

3.75 kW

Microempresa de Lácteos Promedio consume 2.500 kWh mes

Empresa Grande 12.000 kWh mes

Dos empresas Grandes

Colacteos Guachucal 10.000 kWh mensual

Alpina Guachucal 14.000 kWh mensual

3 Microempresas

Lacteos Buena Vista 4.000 kWh mensual

Lacteos San Francisco 2.500 kWh mensual

Lacteos Oro Negro 3.500 kWh mensual

Consumo total microempresas de lácteos mensual 10.000 kWh

Proyecto Piloto instalación de 3 aerogeneradores 8.100 kWh de generación mensual.

Tres posibilidades del proyecto:

- 81 % de cobertura para las tres microempresas.
- 81 % de cobertura para Colacteos Guachucal.
- 57,85% de cobertura para Alpina Guachucal.

Partiendo de la información anterior y de la indicada en la Sección 3, a continuación se detalla la metodología de la actual propuesta.

4.7 Indicadores de objetivo general, de producto y de gestión

Tabla 9. Indicadores que miden el Objetivo General.

INDICADOR	META	UNIDAD DE MEDIDA
ESTUDIO PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL	1	Numero

Tabla 10. Indicadores de producto.

PRODUCTO	INDICADOR	UNIDAD	FÓRMULA	META	AÑO
2.1	Gestores del conocimiento y la innovación capacitados	3	Capacitación microempresarios del sector lácteo de la nueva energía propuesta	1	2014
2.1 2.2	Investigadores apoyados para movilización	3	Profesionales parte del planteamiento y desarrollo del problema	1	2014
2.1 2.2	Metodologías para los estudios de impacto planteadas	1	Metodología de investigación aplicada detallada en los objetivos.	1	2014
2.1 2.2	Innovaciones generadas en	1	Fuente de energía eléctrica	1	2014

	la gestión empresarial.		alternativa para la región.		
--	-------------------------	--	-----------------------------	--	--

Tabla 11. Indicadores de gestión.

INDICADOR	UNIDAD	FÓRMULA	META	AÑO
Alianzas realizadas para ACTI	3	Despertar interés en los acopios lácteos sobre la oportunidad de generar energía eléctrica.	1	2014
Proyectos de investigación aplicada generados	1	Formulación de proyecto de generación.	1	2014

4.8 Fuentes de verificación y supuestos

Tabla 12. Fuentes de verificación y supuestos para actividades.

CÓDIGO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	FUENTE DE VERIFICACIÓN	Supuestos
1.1.1	Estado del arte sobre generación eléctrica con energía eólica y establecer las ventajas y desventajas de su utilización	Propia del Proyecto	Cambio en la tecnología propuesta en el transcurso del desarrollo del proyecto.
1.2.1.	Antecedentes de proyectos sobre generación eléctrica con energía eólica en el país.	Propia del Proyecto	Fuentes de Información adicionales no exploradas.
2.1.1.	Análisis del aprovechamiento de la energía eólica de la zona teniendo en cuenta características ambientales, geográficas y/o económico sociales y su beneficio	Propia del Proyecto	Cambio en el objeto de mercado del proyecto.

	económico social en la comunidad.		
2.1.2.	Determinación de la velocidad mínima, media y máxima del viento en la región mediante el análisis de medidas de 6 meses del año 2012.	Propia del Proyecto	Medidas realizadas en el año completo.
2.2.1.	Investigación sobre los problemas generados en el ambiente al generar electricidad con energía eólica en la región y posibles estrategias para mitigar estos inconvenientes.	Propia del Proyecto	Perjuicios ambientales no considerados.
2.2.2.	Búsqueda de la normatividad legal sobre generación eléctrica con energía eólica en el país.	Propia del Proyecto	Cambio en la normatividad colombiana.
3.1.1.	Estimación del aerogenerador de acuerdo a los resultados de la actividad 2.1.2.	Propia del Proyecto	Tecnologías no consideradas.
3.1.2.	Estimación de costos de la implementación de sistemas de generación de energía eólica, aerogeneradores, instalación, protecciones, operación, mantenimiento, construcción de líneas de media tensión.	Propia del Proyecto	Incremento en los costos de la implementación.
4.1.1.	Organización de productos logrados al cumplir los objetivos propuestos.	Propia del Proyecto	Cambio en el formato de Entrega del proyecto.
4.1.2.	Elaboración de informe del proyecto y presentación.	Propia del Proyecto	Cambio en el formato de Entrega del proyecto.

Tabla 13. Fuentes de verificación y supuestos para productos, Objetivo Específico 1.

PRODUCTO	INDICADOR	FUENTE DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
1.1.	Metodologías para los estudios de impacto planteadas	Propia del Proyecto	Cambio en la tecnología propuesta en el transcurso del desarrollo del proyecto.
1.2.	Metodologías para los estudios de impacto planteadas	Propia del Proyecto	Fuentes de Información adicionales no exploradas.
2.1.	Diseños Industriales apoyados	Propia del Proyecto	Cambio en el objeto de mercado del proyecto.
2.2	Diseños Industriales apoyados	Propia del Proyecto	Medidas realizadas en el año completo.
3.1.	Diseños Industriales apoyados	Propia del Proyecto	Tecnologías no consideradas.
4.1.	Proyectos de investigación aplicada generados	Propia del Proyecto	Cambio en el formato de Entrega del proyecto.

4.9 Bienes y/o servicios

El principal servicio producto del proyecto es la generación de energía eléctrica en apoyo a las nacientes microempresas que impulsan el desarrollo económico-social de la región. Generar una nueva fuente de generación de energía eléctrica permite un mercado competitivo eliminando la monopolización del servicio y sus costos excesivos para la región.

Los bienes están asociados a la infraestructura necesaria para la generación eléctrica. Aerogeneradores e infraestructura de media y baja tensión.

4.10 Beneficios e ingresos

La valoración y cuantificación de los beneficios del proyecto se calculan de acuerdo al documento “Manual de Valoración y Cuantificación de Beneficios del Departamento Nacional de Planeación (2006)”, siendo los beneficios del proyecto derivados de las causas y efectos directos e indirectos en la identificación del problema.

De acuerdo con el problema planteado, los beneficios del proyecto son:

1. Beneficios por generación de un mayor número de mano de obra calificada.
2. Beneficios por generación de empleo con la implementación de un programa.
3. Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información.

El resumen de la valoración de los beneficios del proyecto se presenta en la siguiente tabla y luego se describe la valoración de cada beneficio:

Tabla 14. Resumen Valoración de Beneficios

RESUMEN VALORACION DE BENEFICIOS	
ITEM	VALOR
Beneficios por generación de un mayor número de mano de obra calificada	\$155.628.000,00
Beneficios por generación de empleo con la implementación de un programa	\$445.662.000,00
Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información	\$190.000.000,00
TOTAL	\$791.290.000,00

1. Beneficios por generación de mano de obra calificada: se calcula con el ingreso promedio anual que devengaría un egresado más competente en el momento de ingresar al mercado laboral. Para

esto, se tiene en cuenta el número de estudiantes de pregrado y maestría de último año que se tiene presupuestado en el proyecto, y que gracias a su ejecución, culminarían sus estudios.

El detalle de esta valoración se presenta en la siguiente tabla, donde el beneficio total se calcula como el número de estudiantes multiplicado por su salario promedio anual.

GENERACION MANO DE OBRA CALIFICADA

Tabla 15. Generación mano de obra calificada

Formación	Número de Personas	Salario mensual	Salario promedio	Beneficios
Pregrado	4	\$1.724.471	\$28.296.000,00	\$113.184.000,00
Maestría	1	\$ 3.396.815	\$31.104.000,00	\$31.104.000,00
TOTAL				\$144.288.000,00

2. Beneficios por generación de empleo con la implementación del proyecto: se contratará mano de obra calificada a nivel de expertos, estudiantes de pregrado y maestría. El beneficio se valora con el salario anual que se cotiza en el presupuesto de este proyecto en el año 2012, con base en la cantidad de salarios mínimos estipulados para cada una de las categorías.

El detalle de esta valoración se presenta en la siguiente tabla, donde el beneficio total se calcula como el número de personas contratadas multiplicado por su salario y dedicación mensual.

Tabla 16. Generación de empleo con la ejecución del proyecto

GENERACION DE EMPLEO CON LA EJECUCION DEL PROYECTO		
AÑO 1		
Formación	Número de Personas	Beneficios
Técnico	10	\$ 141.480.000,00
Pregrado	4	\$ 113.184.000,00
Especialista	2	\$ 63.666.000,00
Maestría	3	\$ 84.888.000,00
Doctor	0	\$ -
Estudiante de Pregrado	3	\$ 42.444.000,00
Estudiante de Maestría	1	\$31.104.000,00
TOTAL		\$ 476.766.000,00

3. Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información: Como productos de esta investigación, se pretende obtener un documento con la investigación de oferta energética y diseño del sistema de generación eléctrica con energía eólica.

AUMENTO EFICIENCIA BUSQUEDA Y PROCESAMIENTO INFORMACION

AÑO 1

Tabla 17. Aumento eficiencia búsqueda y procesamiento de información.

Descripción	Número	Valor Perfil	Beneficios
Estudio de Prefactibilidad solución energética	1	\$ 150.000.000,00	\$ 150.000.000,00
Estudio de Prefactibilidad Sistema de Generación	1	\$ 40.000.000,00	\$ 40.000.000,00
TOTAL			\$ 190.000.000,00

4.11 Horizonte del proyecto

El horizonte del proyecto está determinado por el beneficio y crecimiento del sistema dentro de 10 años.

$$CCVU = CI + Rvp + OyMvp + Tvp + Cvp$$

- CI (Capital de inversión inicial): Costo del estudio de generación, diseño, implementación, compra de generadores, infraestructura de media y baja tensión.
- Rvp (Refacciones): Mantenimiento correctivo a los aerogeneradores e infraestructura de media y baja tensión.

- OyMvp (Operación y Mantenimiento): Costos de la operatividad del sistema, personal de mantenimiento a la red eléctrica.
- Tvp (Transporte): Costo de transporte a sitio del sistema.
- Cvp (Combustible): Costo de combustible de personal de refacción y mantenimiento.

4.12 Impactos Esperados

Los impactos esperados son los siguientes:

- Mejoramiento de la oferta de servicios tecnológicos; entre otros.
 - Mejoramiento de la productividad y la calidad;
 - Mejoramiento de la calidad del medio ambiente;
 - Mejoramiento de la calidad de vida
 - Beneficios de los grupos de interés relacionados con el proyecto
- El indicador de producto que sustenta estos impactos son innovaciones generadas en la gestión empresarial.

4.13 Efectos Ambientales

Con el estudio del impacto ambiental, se pretenden evaluar las modificaciones que va a sufrir el entorno como consecuencia de la implantación de estas tecnologías en todas sus fases de construcción, explotación y posterior abandono de las instalaciones.

En la fase de construcción es en la que, generalmente, se producen las mayores alteraciones, ya que es preciso realizar accesos. En la fase de explotación, es necesario considerar que la instalación no permanece inalterable a lo largo del tiempo; por lo que, es preciso observar las incidencias que se producen en el entorno con el funcionamiento de este tipo de energía, con el fin de corregirlas en la medida de lo posible. Finalmente, es conveniente considerar las modificaciones que se producirán en el entorno con el futuro desmontaje de la infraestructura una vez finalizada su vida útil.

Así pues, las líneas básicas del estudio, serán las siguientes:

- Identificación previa de las características del entorno donde se instalará el parque.
- Definición de los parámetros medioambientales básicos del proyecto.
- Predicción y posible cuantificación de las principales alteraciones que, en sus distintas fases, ocasionará el proyecto.
- Identificación de las medidas correctoras que resulten viables con el fin de seleccionar las más idóneas y elaborar un plan de vigilancia ambiental a seguir durante la explotación.

En cuanto a las medidas preventivas y correctoras, es preciso destacar que, siempre que sea posible, es preferible tenerlas previstas en la fase de diseño del proyecto; no obstante, en algunos casos es difícil prever la magnitud de la alteración, por lo que ciertas medidas correctoras es preciso desarrollarlas en función de los resultados del plan de vigilancia.

El plan de vigilancia ambiental, que se ha de establecer en cada caso concreto, teniendo en cuenta las características particulares y de la zona en que se instalarán los equipos, es un programa de seguimiento de las alteraciones que se puedan producir y de control de la eficacia de las medidas correctoras; para lo cual, es preciso establecer la frecuencia de los muestreos, análisis y labores que se han de llevar a cabo. En particular, se ha de comprobar la evolución de la vegetación en las zonas repobladas y la eficacia del funcionamiento de los dispositivos instalados para evitar las colisiones y electrocuciones de las aves.

Es preciso destacar que los efectos sobre el medio se pueden minimizar considerablemente si durante la fase de construcción, se tiene la necesaria sensibilidad medioambiental, evitando los vertidos y la destrucción innecesaria de vegetación y desarrollando las medidas correctoras apropiadas durante la obra o en el momento de finalizarla.

Impacto sobre la avifauna

Este impacto si bien es importante, la incidencia del mismo es realmente pequeña. La mortalidad de las aves se puede producir por colisión y por electrocución; no obstante, la colisión contra los aerogeneradores es poco frecuente dado que las aves pronto se acostumbran a ellos y al movimiento de las palas. Esta colisión, se puede producir en mayor medida contra las líneas aéreas, sobre todo en aquellos casos en que la separación entre conductores es pequeña (líneas de menos de 45 kV).

Este impacto se puede minimizar colocando alrededor de las torres y de los cables cintas, balones, espirales y otros elementos fácilmente visibles.

Impacto visual

Aun siendo la incidencia de este impacto subjetiva, depende en gran medida del número de aerogeneradores que conforman el sitio de aplicación, de cómo se distribuyan teniendo en cuenta la orografía de la zona y la perspectiva que se tenga del parque desde las zonas pobladas y vías de comunicación cercanas y, también, de la forma y color de sus elementos. Al evaluar este impacto, es preciso tener en cuenta otros elementos, especialmente la subestación de la ubicación.

Para la realización de los accesos se debe procurar que el movimiento de tierras sea el menor posible y cuidar de la recuperación vegetal.

Impacto del ruido

El ruido depende de la forma más o menos aerodinámica, del tipo de material y de los tratamientos superficiales y calidad de mecanizado, así como de las dimensiones y otras características de los elementos mecánicos que constituyen el aerogenerador, así como también de la velocidad y turbulencia del viento.

Un inconveniente añadido es que al no disponer, como sucede en otras instalaciones industriales, del aislamiento que supone un edificio, el viento sirve de elemento transmisor directo. Indicar no obstante, que no suele notarse ningún ruido añadido en los núcleos de población a menos que estos estuviesen muy cerca de su ubicación y aún en este último caso suele ser más fuerte el ruido del propio viento. Lo que si se suele detectar son reacciones de sorpresa en los animales al poner las máquinas en movimiento, reacciones que; sin embargo, desaparecen al cabo de poco tiempo.

Impacto por erosión

Los movimientos de tierra realizados para preparar los accesos, cimentaciones y edificaciones auxiliares, son los causantes principales de este tipo de impacto.

Para minimizar este impacto, resulta necesario plantear adecuadamente el trazado de los accesos analizando sus perfiles transversales, así como realizar estudios de hidrología y pluviometría, cursos de agua y vegetación de las vaguadas.

4.14 Análisis de riesgos

Tabla 18. Análisis de Riesgo

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD	EFECTOS	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Cambio en la tecnología propuesta en el transcurso del desarrollo del proyecto.	Frecuente	Cambio en el diseño y cálculos de generación	Moderado	Continua exploración y documentación de la evolución tecnológica de actualidad
Fuentes de Información adicionales no	Poco probable	VARIABLES que afecten el diseño que no se tuvieron	Moderado	Constante consulta de fuentes de

exploradas.		en cuenta		información
Cambio en el objeto de mercado del proyecto.	Poco Probable	Cambio en la cantidad de energía a generar	Moderado	Rediseño del sistema
Perjuicios ambientales no considerados.	Remoto	Perjuicio ambiental con la implementación	Bajo	Estudio externo de impacto ambiental del proyecto.
Cambio en la normatividad colombiana.	Remoto	Reajuste de mercado y solicitud de permisos necesarios	Bajo	Equipo formulador de proyecto en constante búsqueda de cambios para reformulación del proyecto.
Tecnologías no consideradas.	Remoto	Cambios en la formulación del proyecto	Bajo	Equipo formulador de proyecto en constante búsqueda de cambios para reformulación del proyecto.
Incremento en los costos de la implementación	Probable	Cambio en el Presupuesto	Moderado	Presupuesto considerando incrementos en costos.
Cambio en el formato de Entrega del proyecto.	Remoto	Cambios en el Documento	Bajo	Realizar cambios por equipo formulador de proyecto.

4.15 Cronograma

Tabla 19. Cronograma

Producto	Actividad	Meses					
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1.1. Informe del estado del arte sobre generación eléctrica con energía eólica, ventajas desventajas de su utilización	1.1.1 Estado del arte sobre generación eléctrica con energía eólica y establecer las ventajas y desventajas de su utilización						
1.2. Informe sobre antecedentes de proyectos con este tipo de energía en el país.	1.2.1. Antecedentes de proyectos sobre generación eléctrica con energía eólica en el país.						
2.1. Estudio sobre la viabilidad de la generación eléctrica con energía eólica en la región.	2.1.1. Análisis del aprovechamiento de la energía eólica de la zona teniendo en cuenta características ambientales, geográficas y/o económico sociales y su beneficio económico social en la comunidad.						
	2.1.2. Determinación de la velocidad mínima, media y máxima del viento en la región mediante el análisis de medidas de 6 meses del año 2012.						
2.2. Estudio sobre el impacto ambiental del proyecto.	2.2.1. Investigación sobre los problemas generados en el ambiente al generar electricidad con energía eólica en la región y posibles estrategias para mitigar estos inconvenientes.						
	2.2.2. Búsqueda de la normatividad legal sobre generación eléctrica con energía eólica en el país.						
3.1. Estudio sobre aerogeneradores, costos en infraestructura de generación, operación y mantenimiento.	3.1.1. Estimación del aerogenerador de acuerdo a los resultados de la actividad 2.1.2.						
	3.1.2. Estimación de costos de la implementación de sistemas de generación de energía eólica, aerogeneradores, instalación, protecciones, operación, mantenimiento, construcción de líneas de media tensión.						
4.1. Formulación del proyecto a nivel de perfil.	4.1.1. Organización de productos logrados al cumplir los objetivos propuestos.						
	4.1.2. Elaboración de informe del proyecto y presentación.						

4.16 Presupuesto

Tabla 20. Presupuesto

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE TALENTO HUMANO					
NOMBRE	FORMACIÓN ACADÉMICA	DEDICACIÓN (h/sem)	Número	SMMLV	TOTAL
Ing. Electrónico	Maestría	40	1	\$ 3.537.000,00	\$ 42.444.000,00
Ing. Eléctrico	Profesional	40	1	\$ 2.358.000,00	\$ 28.296.000,00
Ing. Ambiental	Profesional	40	1	\$ 2.358.000,00	\$ 28.296.000,00
Ing. Civil	Profesional	40	1	\$ 2.358.000,00	\$ 28.296.000,00
Economista	Profesional	40	1	\$ 2.358.000,00	\$ 28.296.000,00
Personal asistencia	Estudiante	20	1	\$ 1.179.000,00	\$ 14.148.000,00
				TOTAL	\$ 169.776.000,00

DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SOFTWARE

EQUIPOS Y SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	PROPIEDAD / ADMON	VALOR UNITARIO	TOTAL
AEROGENERADORES	Sistema piloto de Generación de Energía.	1	propiedad	\$ 100.000.000,00	\$100.000.000,00
Equipos de Computo	Equipo para Investigación	1	propiedad	\$ 50.000.000,00	\$50.000.000,00
EQUIPOS DE MEDICIÓN VELOCIDAD DEL VIENTO	Verificación mediciones del viento con equipos certificados.	1	propiedad	\$20 .000.000,00	\$20 .000.000,00
				TOTAL	\$190.000.000,00

DESCRIPCIÓN DE CAPACITACIÓN Y EVENTOS

Tema de la capacitación o evento	Ciudad	No. de días	No. De personas	Costo de capacitación por persona	TOTAL
Socialización de la alternativa	Guachucal	1	50	\$ 15.000,00	\$ 750.000,00
Divulgación información	Guachucal	1	1000	\$ 10.000	\$ 10.000.000,00
TOTAL					\$ 10.750.000,00

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES, INSUMOS Y DOCUMENTACIÓN

MATERIALES, INSUMOS Y DOCUMENTACION	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
Papelería	Papelería	1,00	\$ 4.000.000,00	\$ 4.000.000,00
			TOTAL	\$ 4.000.000,00

DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE DESPLAZAMIENTOS

DESPLAZAMIENTO (origen y destino)	JUSTIFICACION	No. De Días	No. De Personas	Costo de pasaje unitario	Costo total de pasajes	Costo de estadía unitario	Costo total estadía	TOTAL
Pasto - Guachucal	Visitas Técnicas	30	6	\$ 20.000,00	\$ 3.600.000,00	\$ 69.630,00	\$ 12.533.400,00	\$16.133.400,00
TOTAL					\$ 3.600.000,00	TOTAL	\$ 12.533.400,00	\$16.133.400,00

**Plan de Energización Rural Sostenible para el
Departamento de Nariño
(PERS-NARIÑO)**

Convenio Interinstitucional 110 de 2012

Universidad de Nariño

José Edmundo Calvache
RECTOR

Andrés Pantoja
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Ángela Cadena
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres
DIRECTOR GENERAL
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez
SUBDIRECTORA
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de
Soluciones Energéticas para las Zonas no
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira
DIRECTOR

Jairo Quintero
COORDINADOR TÉCNICO PERS