



TRABAJOS FINALES DE MAESTRÍA

MAE20151210

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

Propuesta de artículo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Administración de Empresas

**Por el estudiante:
Jean Pierre BURNEO NIETO**

**Bajo la dirección de:
Jeffrey VIZUETA PhD**

**Universidad Espíritu Santo
Facultad de Postgrados
Guayaquil - Ecuador
Enero de 2016**

CERTIFICACIÓN FINAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante: ING. JEAN PIERRE VICENTE BURNEO NIETO, que cursa estudios en el programa de CUARTO nivel: Maestría en Administración de Empresas, dictado en la Facultad de Postgrado de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de tesis con el título: “**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR, BASADOS EN ENERGÍA EÓLICA**” presentado por el estudiante: ING. JEAN PIERRE VICENTE BURNEO NIETO, como requisito previo para optar por el **Grado Académico de Magíster en Administración de Empresas** y considero que dicho trabajo se encuentra listo para presentarse a la Defensa Final.

Dr. Jeffrey Vizqueta

Samborondón, Enero 20 de 2016

**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU
SANTO**

FACULTAD DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

DEDICATORIA

Este trabajo tiene una especial dedicación a mis padres, hermana y compañera especial, por ser artífices y compañeros de mis ideas y logros alcanzados, la constancia y el arduo trabajo tienen una recompensa.

Jean Pierre Burneo Nieto

UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

AGRADECIMIENTO

Al Padre Celestial por regalarme vida y salud, y la dicha de poder cumplir mis objetivos personales y profesionales.

Al Dr. Jeffrey Vizueta que desde un inicio supo brindarme su colaboración como tutor de mi tesis, y brindó toda su asesoría durante todo el proceso de elaboración de este trabajo y graduación, muchas gracias por todo.

Jean Pierre Burneo Nieto

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

Sensitivity analysis for the integration of new power generation systems in Ecuador, based on wind power

Jean Pierre BURNEO NIETO¹
Jeffrey Víctor VIZUETA VILLACRESES²

Resumen

El actual gobierno ha implantado el programa denominado El Plan de Buen Vivir 2009-2013 en el Ecuador, y uno de sus objetivos claves es la participación de las energías renovables para la producción de energía eléctrica como lo indica la política 4.3 "Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles". De entre todas las fuentes de energías renovables que se desarrollan actualmente en el Ecuador, como la hidroeléctrica, fotovoltaica, geotérmica, entre otra más, la fuerza eólica, es un recurso natural que tiene un alto potencial, y en nuestro país está comprobado por el Atlas Eólico del Ecuador, además, por la rentabilidad en su implementación frente a las fuentes de generación eléctrica convencionales como con la térmica. Por su rapidez de instalación y puesta en operación para la generación de electricidad en contraste a las hidroeléctricas, que son proyectos muy costosos y su tiempo de construcción es extenso. La finalidad de este trabajo investigativo es proporcionar y contribuir con información técnica, económica y regulatoria del recurso renovable eólico, partiendo de proyectos implementados y en pleno funcionamiento en el Ecuador, para que de esa manera a corto, mediano y largo plazo, distintas instituciones públicas y/o privadas se integren al nuevo modelo de la nueva matriz de desarrollo energético implementado en el país.

Palabras clave:

Plan de Buen Vivir 2009-2013, Energías Renovables, Matriz Energética, Fuentes de Generación Eléctrica, Desarrollo Energético.

Abstract

The current government has implemented a program called Good Living National Plan 2009-2013 in Ecuador, and one of its keys objectives is the share of renewable energies for electricity production as indicated by the policy 4.3 "Diversify energy matrix national, promoting efficiency and greater participation of sustainable renewable energies. Of all the renewable energies wind power is currently underway in Ecuador, such as hydro, solar, geothermal, among other more, it is a natural resource that has a high potential, and our country is checked by the Wind Atlas of Ecuador also for profitability in its implementation compared to conventional sources of electricity generation as heat. For its quick installation and operation to generate electricity in contrast to hydroelectric, which are very expensive projects and construction time is extended. The purpose of this research work is to provide and assist with technical, economic and regulatory information of the wind renewable resource, based on projects implemented and fully operational in Ecuador, so that way the short, medium and long term, various public institutions private and / or integrate the new model of the new energy development matrix implemented in the country.

Key words

Good Living National Plan 2009-2013, Renewable Energy, Energy Matrix, Electric Power Generation, Energy Development.

¹ Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Ingeniero de Campo Motorola Solutions – Ecuador. E-mail jpburneo@gmail.com

² Doctor of Education, Director MBA UEES – Ecuador. E-mail jeffreylvizueta@uees.edu.ec

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3 REALIDAD NACIONAL.....	13
1.4 PROTOCOLO DE KYOTO.....	14
1.4.1 Objetivos.....	15
1.4.2 Países firmantes del Protocolo de Kioto	15
1.4.3 Mecanismos flexibles	15
1.5 EL ECUADOR Y LAS ENERGÍAS.....	16
1.6 MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA	19
1.7 POLÍTICAS AMBIENTALES	20
1.8 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ECUADOR.....	21
1.8.1 HIDRAULICA.....	21
1.8.2 SOLAR	21
1.8.3 GEOTÉRMICA.....	21
1.8.4 BIOMASA	22
1.8.5 MAREOMOTRIZ.....	22
1.8.6 EÓLICA.....	22
1.9 ENERGÍA EÓLICA EN EL ECUADOR.....	23
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE NORMATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES EÓLICAS IMPLEMENTADAS EN EL ECUADOR.....	25

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR	25
2.2 SECTOR ELÉCTRICO DEL ECUADOR	25
2.3 ORGANISMOS DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO.....	26
2.4 REGLAMENTO ECUATORIANO PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.....	27
2.5 NORMATIVAS PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.	27
2.6 REGULACIONES PARA INCENTIVAR INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.....	28
2.6.1. REGULACIÓN 004/11, 14 DE ABRIL DE 2011	28
2.6.1.1 <i>Objetivo</i>	28
2.6.1.2 <i>Alcance</i>	28
2.6.1.3 Precios Preferentes.....	28
2.6.1.4 Vigencia de Precios	28
2.6.1.5 Despacho de Energía Preferente.....	29
2.6.1.6 Precio de la energía a partir del 2013.....	29
2.6.1.7 Sistemas No Incorporados.....	29
2.6.2. REGULACIÓN 001/13, 21 DE MAYO DE 2013.	30
2.6.2.1 <i>Objetivo</i>	30
2.6.2.2 <i>Alcance</i>	30
2.6.2.3 Periodo Preferente	30
2.6.2.4 Periodo Ordinario	30
2.6.2.5 Precios en el Periodo Ordinario.....	30
2.6.2.6 Despacho de Energía Preferente.....	31
2.6.2.7 Consideraciones Generales	31
2.6.2.8 Transferencia de Conocimiento por parte de Generadores Privados	31
2.6.2.9 Condiciones para el Otorgamiento de Títulos Habilitantes.....	32

2.6.2.10 Responsabilidad de las Empresas Públicas y Sociedades Anónimas que funcionen como Públicas para el estado del Buen Vivir Territorial.....	32
2.6.2.11 Determinación de los Recursos a ser Destinados a la Cuenta para el Estado del Buen Vivir Territorial.....	32
CAPÍTULO 3: ASPECTOS TÉCNICOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS EÓLICOS.....	34
3.1 Condiciones determinantes para poner en funcionamiento una central de generación eólica	34
3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL EÓLICA.....	34
3.1.1.1 TORRE Y CIMIENTO:.....	35
3.1.1.2 ROTOR:.....	36
3.1.1.3 GÓNDOLA Y TREN DE FUERZA:	36
3.1.1.4 GENERADOR:	36
3.1.1.5 SISTEMA DE TRANSMISIÓN:	36
3.1.1.6 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE POTENCIA:.....	36
3.1.1.7 SISTEMA DE ORIENTACIÓN:	36
3.1.1.8 SISTEMA ELÉCTRICO:.....	36
3.1.1.9 MULTIPLICADOR:.....	37
3.1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN	37
3.1.3 IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL.....	38
3.1.3.1 El IMPACTO AMBIENTAL:.....	39
3.1.3.2 El IMPACTO SOCIAL:.....	39
3.1.4 REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN	40
3.1.4.1 POTENCIA ACTIVA.-	41
3.1.4.2 CONTROL DE FRECUENCIA.-.....	41
3.1.4.3 PLANIFICACIÓN DE LA RESERVA Y COSTOS OPERACIONALES.-	41
3.1.4.4 RESERVA FRÍA.-.....	41
3.1.4.5 NIVELES DE TENSIÓN.....	41

3.1.4.6 POTENCIA REACTIVA.....	41
3.1.4.7 REQUERIMIENTOS SOBRE CALIDAD DE ONDA	42
3.1.5 CÁLCULO ENERGÉTICO.....	43
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DE LOS PROYECTOS EÓLICOS....	44
4.1 ALCANCE Y METODOLOGÍA	44
4.2 CONDICIONES PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO DE UN PROYECTO EÓLICO.....	45
4.2.1 COSTO DEL KW.....	45
4.2.2 POTENCIA INSTALADA	46
4.2.3 VIDA ÚTIL DE LAS MÁQUINAS:.....	46
4.2.4 PERÍODO DE EJECUCIÓN DE LA CENTRAL EÓLICA.....	46
4.2.5 FACTOR DE PLANTA.....	46
4.2.6 PRECIO DE LA ENERGÍA	46
4.2.7 INGRESOS POR EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)	46
4.2.8 COSTES DE EXPLOTACIÓN:.....	47
4.2.9 COSTES ADICIONALES POR TRANSPORTE:.....	47
4.2.10 AMORTIZACIÓN	47
4.2.11 IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA)	48
4.2.12 IMPUESTO A LA RENTA	48
4.2.13 TASA DE INTERÉS:	49
4.2.14 TASA DE DESCUENTO	49
4.2.15 APALANCAMIENTO	50
CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO DEL PROYECTO EÓLICO MEMBRILLO-DUCAL.....	51
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EÓLICO MEMBRILLO-DUCAL.....	51
5.1.1 SENSIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO	53
5.1.2 ANÁLISIS FINANCIERO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO	54

5.1.2.1 INVERSIONES EN ACTIVOS	54
5.1.2.2 INVERSIONES EN PASIVOS	55
5.1.2.3 VENTAS	55
5.1.2.4 CAPITAL	55
5.1.2.5 COSTO PONDERADO DE CAPITAL	55
5.1.2.6 UTILIDADES	55
5.1.2.7 IMPUESTOS	56
5.1.2.8 COSTOS DE OPERACIÓN	56
5.1.2.9 VIDA ÚTIL Y DEPRECIACIÓN	56
5.1.2.10 INDICADORES FINANCIEROS	56
5.1.2.11 FLUJO DE CAJA PROYECTADOS	56
5.1.2.12 PARÁMETROS FINANCIEROS PARA ANALIZAR LA SENSIBILIDAD DEL PROYECTO	56
5.1.2.13 ESTUDIO DE SENSIBILIDAD COMPARATIVO CON EL PROYECTO BASE: CIERRE FINANCIERO CON APALANCAMIENTO DEL 90% DEL CAPITAL Y 12 CENTAVOS KWH	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	59
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	66

CAPÍTULO 1: ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

1.1 INTRODUCCIÓN

El mundo y sus acelerados pasos en el crecimiento poblacional y tecnológico, han desencadenado en un gran incremento en el consumo de energía, obteniéndola de fuentes tradicionales de energía como el carbón natural, petróleo y gas natural, siendo grandes emisores de Dióxido de Carbono (CO₂)² a la atmósfera³, provocando problemas medio ambientales como huracanes, monzones, sequías, entre otros a escala global como el calentamiento global Muñoz (2013).

Los daños y efectos producidos por el calentamiento global, dejan una huella de desolación y destrucción. En muchas partes del planeta existe preocupación por el incremento en el nivel del mar, que amenazan principalmente a islas del pacífico y zonas costeras de países como China, Cuba, Australia, Nigeria, entre otras⁴.

La figura 1 indica la matriz de consumo de energía mundial al 2012, como se puede apreciar, existe una fuerte dependencia al petróleo con el 34%, seguido del carbón 30% y el gas 24%, que son recursos naturales no renovables, pero con gran incidencia de contaminación.

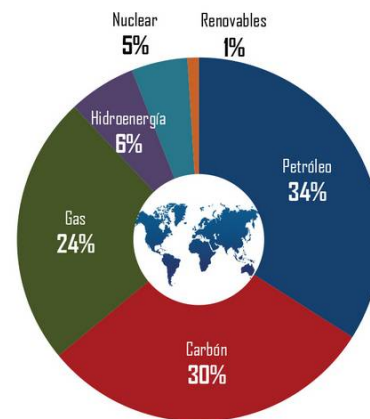


Figura 1. Matriz de consumo de energía mundial al 2012

Fuente: Camacho (2014), Petróleo: comportamiento y tendencias en el mundo.

Para Muñoz (2013), la energía nuclear es un tipo de energía ampliamente utilizada en los países industrializados, ya que garantiza un bajo impacto al medio ambiente, y un bajo consumo de combustibles fósiles. Las desventajas de usar esta energía son: qué hacer con los residuos radioactivos que resultan de estos generadores y la contaminación radioactiva que se genera en torno a la central. Por estas razones, y por los accidentes nucleares como los acontecidos en las ciudades de Chernóbil en Ucrania y Fukushima en Japón, cada vez tiene mayores detractores la construcción de centrales nucleares.

Con nuevos enfoques y reglamentaciones medio ambientales, existen planes para un cambio en la matriz energética mundial, que se ven reflejados en la utilización y masificación de energías renovables, que han revolucionado a muchos países del mundo, especialmente en Norteamérica, Europa y Asia.

La diversificación en recursos naturales ha despertado gran interés en lo que respecta a la energía eólica, ya que tiene el porcentaje de inclusión más alto que el

² CO₂ gas inodoro, compuesto por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Es indispensable para el proceso de fotosíntesis de las plantas, que es convertir energía solar en energía química.

³ Capa compuesta por distintos gases y partículas en suspensión que rodea a la tierra.

⁴ <http://www.ecologiaverde.com/islas-peligro-cambio-climatico/>

resto de energías como la solar, geotérmica, biomasa, entre otras, y posee alta madurez en su desarrollo tecnológico.

Para combatir el cambio climático y efectos producidos por los gases de efecto invernadero, existen tecnologías basadas en recursos no convencionales, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, entre otras más.

Estos sistemas son sustentables y eficientes, y permiten nuevas maneras de producir energía, siendo altamente rentables, buscando competitividad frente a las provenientes de combustibles⁵ fósiles y cuidando el medio ambiente.

Para Prando (2013), la fuerza del viento se compone por el calentamiento de los rayos del sol que chocan en la superficie de nuestro planeta y en la atmósfera, que permiten una circulación de aire que está en la atmósfera terrestre. Esta presión atmosférica da como resultado al viento, que es aire atmosférico en movimiento con masa y con energía cinética.

De esa manera, la fuerza eólica se considera útil para generar energía eléctrica, ya que permite aprovechar el máximo potencial del viento de las distintas áreas geográficas del planeta, y así competir con las distintas formas de producción de energía. Se la considera como una fuente primaria de energía renovable, abundante e inagotable en su recurso natural. Según cifras publicadas en el reporte para los años 2014-2019 del Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC por sus siglas en inglés Global Wind Energy Council), para el año 2015 a escala global existe la capacidad

instalada de aproximadamente 51 GW y para el año 2019, se avizora un aumento en la producción de energía eólica a escala global, con un total de 67 MW⁶, esto debido que en China existe un marcado interés en el mercado de esta energía, seguido de Estados Unidos, Canadá y Brasil.

A continuación en la tabla 1 (ver anexo 1), se visualiza la potencia instalada a nivel mundial donde está instalada la energía eólica.

En la figura 2 (ver anexo 2), se observa la previsión del crecimiento de energía eólica a nivel mundial

Esto significa que existen nuevos mercados y economías emergentes crecientes como lo son en África, Asia y Sudamérica. Además, uno de los principales objetivos de la GWEC, es estabilizar los mercados de Europa que utilizan esta energía, debido al lento crecimiento y problemas políticos en esta zona.

Con este enfoque, la presente tesis analizará la situación geográfica y disponibilidad del recurso eólico en el Ecuador, para de esa manera, adaptarlo a la realidad nacional y a la matriz energética carente de mecanismos para la inversión de proyectos de energías renovables.

Para Muñoz (2013), el abandono o desuso de la tecnología nuclear, abrió mayores posibilidades para promover el uso de fuentes de energía no convencionales, y es en ese aspecto, que se debe proponer

⁵ Sustancia de origen orgánico que está bajo la tierra y cuya formación se debe a la descomposición de plantas y animales.

⁶GWEC, Global Wind Report – Annual Market Update (2014) http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC_Global_Wind_2014_Report_LR.pdf

nuevas políticas para optimizar la eficiencia energética.

1.2 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis sobre los beneficios y costos para la integración de nuevos parques eólicos en el Ecuador, para determinar las variables que influyen mayormente en el diseño de proyectos relacionados con energías limpias. Y de esa manera, contribuir en el país con un análisis a gran escala de producción de energía limpia y sustentable, a través de un estudio reflexivo, que permita evaluar proyectos eólicos que han producido diversos resultados positivos en su implementación en el Ecuador.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar las normativas y/o políticas para la instalación, distribución y comercialización de energía eléctrica a partir de proyectos de energías renovables basados en eólica en el Ecuador.
- Examinar los parámetros financieros que inciden en la implementación de un parque eólico.
- Considerar los parámetros técnicos y económicos que permiten establecer variables que

influyen en la determinación de un proyecto eólico.

- Recopilar y procesar la información sobre sitios que cuenten con potencial eólico para implementar a futuro proyectos de generación eléctrica.
- Realizar el análisis de sensibilidad de los parques eólicos en el Ecuador, utilizando herramientas de simulación.

1.3 REALIDAD NACIONAL

El Ecuador en la última década ha desarrollado un crecimiento positivo tanto en el aspecto económico como social, la globalización y adelanto de la tecnología, han despertado nuevos y variados estilos de vida en la ciudadanía; consciente de esta situación el Gobierno Nacional ha impulsado un proceso de cambio de modelo productivo con la finalidad de lograr un desarrollo más sostenible en su economía; de ahí que ha logrado implementar políticas que permiten al país añadir mayor valor agregado a su producción (Muñoz, 2013). En este escenario impulsa generar energía renovable limpia y barata que permite al país alcanzar niveles altos en su crecimiento productivo, energético y social. Conforme a las políticas planteadas en el Programa para El Buen Vivir, se ha planificado aprovechar los recursos naturales que posee el País para generar fuentes de energía renovable limpia, de ahí que se están construyendo grandes Centrales hidroeléctricas (ocho), las mismas que empezarán a funcionar a partir del año 2016: en Provincia de Pichincha tenemos la Mandariacu y

Toachi Pilatón; en Zamora Chinchipe, la Delsitanisagua; en la Provincia de Cañar, Mazar, Quijos y Minas de San Francisco en Morona Santiago tenemos la de Paute Sopladora; en Sucumbíos y Orellana, Coca Codo Sinclair. Estas centrales generarán 2.800 megavatios de potencia cuya máxima demanda horaria será de 3.400 megavatios⁷, con una inversión superior a los 5.000 millones de dólares, (Barragán, 2012); además, se está aprovechando otro recurso natural que tiene gran potencial, el viento, es así que se ha construido la Central Eólica Villonaco, en la Provincia de Loja; existiendo también otras fuentes de energía menores como las generadas por la fotovoltaicas, geotérmicas entre otras.

En la Tabla 2 (ver anexo 3) se presenta la evolución histórica de la capacidad instalada de centrales eléctricas en el Ecuador, sobre la demanda de energía a partir del año 1999 al 2012, en ella se puede observar el crecimiento de la demanda de energía.

Indudablemente que el crecimiento de la población y la diversificación de las actividades de la sociedad, han incidido para que se dé un incremento en la demanda de energía, a lo que suma también una oferta que crece por debajo de la demanda nacional real.

En la figura 3 (ver anexo 4), se puede observar el comportamiento energético nacional, en donde se estima el incremento de energía en las diversas actividades económicas:

La figura 4 (ver anexo 5), se puede apreciar el comportamiento energético del

país, que sirve de instrumento para la toma de decisiones futuras.

El uso eficiente de la energía hidráulica, eólica y otras, el ahorro de los combustibles fósiles y la electricidad, deben ser tratados bajo una misma política energética. La aplicabilidad de las energías renovables como fuentes generadoras de energía limpia y sustentable, para satisfacer la creciente demanda a largo plazo, sustituyendo las energías provenientes de fuentes convencionales, es una de las tantas políticas según las perspectivas planteadas en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017.

El abastecimiento de energía de una manera racional que permita satisfacer las necesidades a corto, mediano y largo plazo para las presentes y futuras generaciones, son objetivos que hoy en día se convierten en temas de interés nacional para el Gobierno Nacional.

El aprovechamiento de las energías renovables en el Ecuador como solar, eólica, hidráulica y geotérmica, es para la producción principalmente de energía eléctrica, y esto se debe a las condiciones geomorfológicas, topográficas y ubicación geográfica (Espinoza & León, 2012).

La participación más activa por parte del estado, se ve reflejado en el interés de realizar estudios sobre implementación y desarrollo de programas y proyectos sobre fuentes de energía limpias.

1.4 PROTOCOLO DE KYOTO

Con la revolución industrial, la aparición de nuevas formas de producir energía se

⁷ <http://www.andes.info.ec/es/noticias/consiste-cambio-matriz-productiva-ecuador.html-0>

incrementó en países industrializados, el consumo de combustibles fósiles como carbón y petróleo, acapararon la atención y la masificación de su empleo, por su bajo costo y abundantes reservas naturales. Para los años comprendidos entre 1945-1973, existió una gran dependencia en la utilización de combustibles fósiles por las grandes industrias a nivel mundial, pero en los años comprendidos entre 1974 y 1979, se dio a conocer la crisis por el agotamiento de recursos energéticos, por lo que se desencadenó un incremento considerable a los precios de estos recursos (Oñate, 2014).

El 9 de Mayo de 1992 en la ciudad de Nueva York, durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, dio origen al Protocolo de Kioto, a raíz de la publicación del Primer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), confirmando en este informe la existencia y alto grado de incidencia del fenómeno del cambio climático (Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Sin Fecha).

En el Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se busca “reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los principales países industrializados con el fin de que en el periodo que va de 2008 a 2012 esas emisiones descendan 1,8%*⁸ por debajo de las registradas en 1990”. (p.2)

⁸ Según la propuesta inicial de 1997, los países que firmaron este acuerdo debían conseguir disminuir las emisiones de gas efecto invernadero a 5,2%, durante el plazo de 2008 a 2012, por debajo de las que se registraron en 1990. En Julio de 2001, en la convención

El protocolo aplica a emisiones de seis tipos de gases:

- Dióxido de carbono CO₂
- Metano CH₄
- Óxido nitroso N₂O
- Hidrofluorocarbonos HFC
- Perfluorocarbonos PFC
- Hexafluoruro de azufre SF₆

1.4.1 Objetivos

Los objetivos del Protocolo de Kioto son obligatorios en lo referente a emisiones de gases de efecto invernadero para los principales países industrializados que lo hayan aceptado. Y van desde una reducción del 8% hasta un incremento máximo del 10%, respecto a las emisiones del año 1990 que es el año base, y para los gases fluorados⁹ el año base será 1995. Con el objeto de reducir a no menos del 5% al nivel del año 1990 durante el periodo comprendido entre los años 2008-2012 a escala mundial (Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Sin Fecha).

1.4.2 Países firmantes del Protocolo de Kioto

La Tabla 3 (ver anexo 6) condensa los países del protocolo:

1.4.3 Mecanismos flexibles

Tienen dos objetivos:

realizada en Bonn el límite se fijó a 1,8%, ya que corría el riesgo que el protocolo no se ratificará.

⁹ Se originan por sistemas de refrigeración, aire acondicionado, espumas y aerosoles.

- 1.- Facilitar el cumplimiento de los compromisos adquiridos para la reducción y limitación de emisiones, y
- 2.- Financiar proyectos limpios en países en vías de desarrollo.

Existen tres tipos de mecanismos flexibles:

- Comercio de Desechos de Emisión: Permite que los países suscriptores puedan comprar o vender derechos de emisión a otros países suscriptores.
- Aplicación Conjunta: Permite regular proyectos de cooperación entre países suscriptores para limitar o reducir sus emisiones.
- Mecanismos de Desarrollo Limpio: Permite a países suscriptores comprometidos a reducir sus emisiones, comprar o vender las emisiones equivalentes que han descendido mediante el uso de proyectos con países en vías de desarrollo.

1.5 EL ECUADOR Y LAS ENERGÍAS

De acuerdo a Muñoz (2013), el Ecuador es un país con altas reservas petroleras, con alta demanda interna y baja producción en sus refinerías de hidrocarburos, por esta situación, existe un alto índice en importación de derivados de petróleo para compensar la demanda nacional. Existen alternativas para la generación de energía que provengan de fuentes no convencionales, y de esa manera, atenuar periódicamente la dependencia de los hidrocarburos.

Nuestro país es una nación petrolera, quizá uno de los más importantes en cuanto a producción petrolera en América

Latina; se inicia su explotación desde el primer cuarto del siglo XX, sin embargo su explotación en la región amazónica comienza en la década del setenta; el país dispone campos petroleros en el Oriente (Provincias: Sucumbíos, Pastaza, Napo y Morona Santiago) y en la costa ecuatoriana, en la Provincia del Guayas. Según el último informe público elaborado por el Ministerio de Recursos Naturales en 2010, el volumen de reservas probadas remanentes del Ecuador era de 3407 millones 164 mil 956 barriles de petróleo¹⁰.

El petróleo es el principal recurso natural, su boom petrolero data desde el año 1972 y logra modificar el sistema tradicional político ecuatoriano, por un sistema cuyo patrón de crecimiento y desarrollo enfrenta a los diferentes actores sociales cuyo objetivo era apoderarse de las utilidades que generaba este recurso natural; en este período el Gobierno Nacional trataba de modernizar la economía financiando sus gastos con la venta del petróleo. De ahí que este rubro ha financiado mayoritariamente el Presupuesto General del Estado, sin prever el fin del boom petrolero y el deterioro de los precios del petróleo en el mercado internacional, que ha golpeado duramente la Economía Ecuatoriana. Tenemos por Ejemplo que el Estado Ecuatoriano había previsto para el año 2015, una tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del 4% anual, sin embargo por los problemas de la caída internacional de los precios del petróleo y otros factores, se estima ahora una tasa de crecimiento del PIB del 1.9%¹¹, lo que ha significado que el país

¹⁰<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/asi-ecuador-dejo-ser-un-pais-petrolero>

¹¹<http://www.vistazo.com/seccion/pa%C3%ADs/ecuador-reduce-19-su-tasa-de-crecimiento-para-2015-por-ca%C3%ADda-del-petr%C3%B3leo>

sufra un revés y deje de crecer económicamente, y además que se encuentre vulnerable a encarar los precios bajos del petróleo¹².

La Figura 5 (ver anexo 7), presenta la producción de petróleo con la participación pública y privada, en miles de dólares.

Según los datos consignados por el Banco Central, hasta marzo del 2013 la producción total a nivel nacional de petróleo fue de 15.630,8 barriles (11.647,0 barriles por las empresas públicas y 3.983,8 barriles por las compañías privadas), cifra mayor en comparación con la producción total del año 2011 y 2012. Su producción promedio diaria para el mes de marzo fue de 504,2 barriles. La producción total de los derivados fue de 5.424,5 barriles, entre los que están: gasolina súper, gasolina extra, diésel, fuel oíl #4, fuel oíl #6, gas licuado de petróleo, entre otros. Para conocimiento del lector, la empresa pública que mayor contribuyó a la producción de petróleo fue Petroamazonas E.P.¹³ La producción de derivados y otros productos se los realiza en tres refinerías estatales: la de Ancón, la de península de Santa Elena, la principal es la de Esmeraldas, recién recuperada. Y la de gas en Nueva Loja en el oriente Ecuatoriano.

La producción nacional de derivados de petróleo, efectuada por Petroecuador sumó 69,8 millones de barriles en el año 2011, la más alta desde el año 2002 (55,5 millones de barriles). De los productos especificados por el Banco Central, los más importantes fueron: la gasolina extra

(21,2%), el diésel (15,9%) y el residuo (15,1%), aunque el rubro Otros (30%), es el más importante¹⁴. Además, el Ecuador también importa productos derivados del petróleo, por cuanto la capacidad de las refinerías para producir frente a la demanda de la población, provoca un déficit comercial. “Los combustibles son adquiridos en gran cantidad a otros países en especial el gas de uso doméstico ya que la producción interna es insuficiente solo abastece el 30 por ciento del consumo nacional.” Ecuador pese a ser productor de petróleo, importa derivados¹⁵.

En la Tabla 4 (ver anexo 8) se presentan los valores más actuales de las Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano para el cierre del año 2014, de los cuales importa energía a países como Colombia y Perú¹⁶.

El desarrollo energético de nuestro País está íntimamente unido a la producción petrolera, señala Miguel Castro, investigador del Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA). Sin embargo, enfatiza que “estamos al borde de un colapso ecológico por el cambio climático y se debe tomar con más fuerza el reto de las energías renovables”. Ante esto, cuenta que el CEDA ha realizado un estudio sobre la transición energética que se puede dar en el país y recalca que la geotermia¹⁷ y la bioenergía¹⁸ son las

¹² <http://foroekonomiaecuador.com/fee/el-boom-petrolero-y-el-ahorro-que-hoy-hace-falta-en-ecuador/>.

¹³ Barcia (2013) La Producción Petrolera en el Ecuador

¹⁴ <http://solocuenadacyllunao.blogspot.com/2012/04/1-a-actividad-petrolera-del-ecuador.html>

BCE – Información Estadística 1895 – Enero de 2010

¹⁵ Zapata (2012) Bitácora Mundial, Ecuador país pequeño aprovechando sus tierras.

¹⁶ <http://www.planbinacional.gob.ec/ambitos-de-intervencion/programa-de-promocion-de-la-inversion-privada-gbpip/informacion-de-interes/balanza-comercial-ecuador-peru.html>

¹⁷ Es un tipo de energía renovable, que aprovecha el calor interno de la tierra y se encuentran en el subsuelo en reservorios geotermiales.

fuentes más factibles a corto plazo”. Además precisa que “en lo que más rápido están incursionando las energías renovables es en el sector eléctrico”¹⁹.

Es así que el Gobierno Ecuatoriano se ha propuesto como política de estado promover el cambio de matriz energética, invirtiendo cuantiosos recursos en obras hidroeléctricas que sustituyan al diésel, que permitirá tener energías limpias y eficientes, tener un sustento eléctrico capaz de sostener la demanda social y su capacidad de exportar a los países vecinos; además de establecer un orden jurídico capaz de regular el sector eléctrico asegurando un suministro de energía de calidad y a bajo costo.

Para Rosero & Chilingua (2012), la evolución del consumo eléctrico del país se ha conservado constante en lo referente al sector residencial, desde la aplicación del proyecto de cambio de luminarias incandescentes por luminarias fluorescentes compactas impulsada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable entre el año 2008 – 2009. El sector industrial, mantiene un crecimiento en el gasto energético, como se puede apreciar en la figura 5 (ver anexo 7), en el año 1970 estaba en 297kTep²⁰, alcanzando un valor de 1600kTep para el año 2009. Quedando en evidencia el crecimiento del sector industrial en nuestro país. Y para los sectores: agropecuario, comercial y de construcción presentan un incremento moderado durante el periodo 2008-2009 (Rosero & Chilingua, 2012). Es importante acotar que el costo final de

energía eléctrica es quizá el más elevado de la región, que no ha permitido al País competir en iguales o similares condiciones con países cercanos.

En la figura 6 (ver anexo 9), se observa el consumo sectorial de la energía eléctrica en el país

La Figura 7 (ver anexo 10), contempla la demanda interna de los tipos de combustibles por porcentaje en el Ecuador

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovables (MEER) hasta el 2020, ha realizado un análisis a las políticas al calcular la producción de la energía proveniente del desarrollo de recursos de energía amigable el 80% provenientes de Hidroeléctricas, y un 10% proveniente de fuentes naturales como: eólica, solar, geotérmica, etc.; además incluyen la energía nuclear como eficiente, y descartan el uso de energías fósiles (MEER, 2008).

La gestión del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, debe ser analizada desde el punto de vista de: utilización e investigación de fuentes renovables, para de esa manera suplir las necesidades energéticas del país en todas sus áreas de interés, como por Ejemplo, la alta demanda de energía que los sectores de la transportación y la industria requieren, por lo que el empleo de biocombustibles líquidos; la generación eléctrica mediante recurso eólico, cogeneración de biomasa, pueden satisfacer dichas necesidades. Para Espinoza & León (2012), el crecimiento y desarrollo de energías renovables se debe al incremento del avance tecnológico y científico, que permite un adelanto en el descubrimiento de nuevos modelos para aprovechar los recursos renovables, la acreditación y

¹⁸ Tipo de energía renovable, que se origina por el aprovechamiento de materia orgánica o industrial, que ha pasado por algún proceso químico de sustancias provenientes de seres vivos y/o residuos.

¹⁹ La Hora, Martes 5 de Junio 2012 [en línea], Energías Renovables con potencialidad en Ecuador.

²⁰ Ktep(kilotonelada equivalente de petróleo)=1000 tep

aceptación de las personas para su consumo por las ventajas ambientales y de incentivos económicos para su implementación.

En la Figura 8 (ver anexo 11), se observa el consumo sectorial de energía en el Ecuador en el año 2009.

1.6 MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA

El Ecuador es un país petrolero por naturaleza, y su economía está basada en la producción y explotación de crudo y sus derivados, tiene altas reservas petroleras comprobadas, que a lo largo de los años han permitido un crecimiento económico²¹.

La alta dependencia hacia los combustibles fósiles se demuestran en los datos obtenidos de Muñoz (2013), que amplían el panorama de exportaciones hidrocarbúricas, entre el 2004 y 2010 las exportaciones fueron del 57%, proporcionando un ingreso fiscal entre los años 2000 y 2010 del 26%.

Los altos niveles de reservas petroleras del Ecuador, han desencadenado en la limitación del desarrollo de energías consideradas amigables al entorno natural, apenas tienen una pequeña participación en la matriz energética, y la falta de base legal, normativas y políticas claras que promuevan la iniciativa para desarrollo e inversión de energías renovables.

De ahí que el Estado, con el cambio de la matriz energética está tratando de promover criterios de sustentabilidad

económica, eficiencia energética, desarrollo tecnológico, que permita el consumo de energía del país proveniente de fuentes primarias como del petróleo, gas, viento y agua para el uso eficiente y racional. De esa manera, se construye la estrategia para un respaldo de la economía y el cambio de la matriz productiva del Ecuador. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013). Y teniendo presente que a partir de la vigencia de la Nueva Constitución de la República del Ecuador del año 2008, el Estado, administra, regula, controla y gestiona el control de los sectores estratégicos. Por lo que, el sector eléctrico forma parte del mismo, y por lo tanto, la energía eléctrica se considera un servicio público.

Es destacable, que las inversiones a mediano y largo plazo en el país han superado los 4.200 millones de dólares norteamericanos, en el ámbito de seguridad energética, y han incrementado su participación en lo relacionado a fuentes de energía no convencional (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013).

Para que el cambio de la matriz de energía del Ecuador se cumpla, se debe ejecutar el Plan Maestro de Electrificación. Este es producto de una planificación sectorizada, que aprueba desarrollar proyectos de alta demanda nacional, y sirva de base principal para las distintas diligencias de nuestra sociedad, y asegurar de una manera objetiva, la no concreción de crisis energéticas, por falta de electricidad, como ya se las pudo vivir en años anteriores (CONELEC, 2013).

Para regular la sostenibilidad de estos proyectos se han introducido nuevas reformas a la LRSE y su Reglamento 10; de ahí que en los Art. 76 y 77 del

²¹ Apuntes sobre la explotación petrolera en el Ecuador, Wilton Guaranda Espinoza, Secretario de INREDH.

mencionado Reglamento, se señala que el Estado Ecuatoriano fomenta el uso de los recursos energéticos renovables no convencionales (son aquellos provenientes de energías geotérmicas, fotovoltaicas, eólicas, etc.)²²

Además, desde el año 2000, existen distintas regulaciones que el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), ha implementado a los precios de electricidad que son producidos mediante recursos naturales no convencionales. Para Barragán (2012), en el año 2011, se reformaron algunas regulaciones que son propias para el establecimiento del precio, periodo de vigencia y despacho de la energía al SNI²³ y sistemas aislados, por los generadores de fuentes renovables.

1.7 POLÍTICAS AMBIENTALES

El surgimiento e importancia del mercado de carbono, sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases efecto invernadero²⁴.

Se establece por obligaciones asumidas por países, fábricas y personas, para reducir las emisiones de GEI²⁵, que se contemplan en el protocolo de Kyoto, y que están interesados en ser carbón neutral, es decir, desarrollar acciones que posibiliten una verdadera reducción en la contaminación ambiental (Gallegos, 2012).

Desde el año 2003, el Ecuador, tiene un gran interés en analizar el sector del

mercado de carbono, ya que el creciente cuidado medio ambiental e interesantes propuestas económicas por detener la contaminación en el planeta por una gratificación económica, empieza a ganar gran importancia y aceptación a nivel mundial. Es de esa manera, que nuestro país planea reducir 400.000 toneladas de CO₂ y no enviarlas a la atmósfera, con el primer proyecto a nivel nacional del MDL²⁶, que es el cambio de focos incandescentes por focos ahorradores, que ya se ha venido realizando desde el año 2009, y que durante los próximos diez años el gobierno nacional recibirá una gratificación de alrededor de \$4,6 millones de dólares anuales.

Como resultado de la preocupación de los países del mundo por el medio ambiente y los cambios climáticos y la posterior negociación de cambio de energía renovable, se hace atractivo este nuevo escenario que surge en el sector eléctrico, el cual genera que se realicen nuevos proyectos con el fin de reducir las emisiones de CO₂ al ambiente.

En la actualidad existe una demanda considerable de proyectos energéticos, muchos de ellos innovadores que buscan ser aprobados y puestos en ejecución, y no sólo proveer energía limpia y sustentable sino obtener una retribución económica que ayude al fortalecimiento del mercado energético a través de acciones importantes para el sector.

El factor financiamiento para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica basados en energías limpias en el Ecuador, son una gran barrera para su implementación. Sin embargo, los MDL, son una gran oportunidad para invertirlos

²²<http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Reglamentos-Generales.pdf>

²³Sistema Nacional Interconectado

²⁴ www.sinia.cl/1292/w3-article-48293.html

²⁵Gases de Efecto Invernadero

²⁶Mecanismos de Desarrollo Limpio, son proyectos que permiten detener la contaminación de CO₂ al ambiente y se recibe una contribución económica.

y promover una transformación en la matriz de energía Ecuatoriana.

1.8 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ECUADOR

Para conocer la situación actual en nuestro país con respecto a las energías limpias, en la tabla 5 (ver anexo 12) se detallan las energías según su tipo.

1.8.1 HIDRAULICA

Este tipo de energía proviene del movimiento cinético del agua, mediante su cauce. La producción de energía eléctrica se debe al embalsamiento del agua en represas, toda esa masa acuífera desciende en caída libre a cierta altura y permite transformarla en electricidad para diversos fines. En la figura 9 se presentan los proyectos hidroeléctricos Públicos. (ver anexo 13)

El Ecuador tiene un alto potencial en recursos hídricos en sus ríos, por lo que actualmente existe en construcción algunos proyectos hidroeléctricos, que permitirán el desarrollo del país los cuales En la tabla 6 (ver anexo 14) se los detallan.

1.8.2 SOLAR

Este tipo de energía proviene de las emanaciones solares o radiación solar proveniente del sol.

La ubicación geográfica del Ecuador, es favorecida ya que posee altos niveles de radiación solar, y cuyos rayos solares penetran de manera perpendicular con casi 6 horas de luz solar diaria (Criollo, 2010).

La generación de energía eléctrica se la realiza mediante la ubicación de paneles fotovoltaicos que captan los rayos solares, que proporcionan electricidad de una manera eficiente y que es útil en lugares aislados y sin electrificación. Como ejemplo tenemos la Provincia de Loja, Cantón Zapotillo, existe gran cantidad de luz solar durante el día, que se han implementado proyectos de cocinas que emplean paneles solares para cocinar sus alimentos; también el calentamiento de agua mediante colectores solares es otra opción para el uso de este tipo de energía. Es tan importante este tipo de recurso que en el año 2008, se presentó el Atlas Solar del Ecuador figura 10 (ver anexo 15), para determinar las áreas de mayor influencia para la instalación de proyectos de este tipo.

1.8.3 GEOTÉRMICA

Este tipo de energía es la que está dentro de la tierra en yacimientos en las profundidades de la tierra y se disipa mediante calor.

La generación de electricidad es mediante la extracción de vapor que está a altas temperaturas, el que sirve para mover las turbinas generadoras de electricidad y el vapor que queda de residuo es devuelto a la tierra para mantener el recurso natural disponible.

Según Diana Fabara, docente de la Universidad Central del Ecuador, El Ecuador posee un alto potencial en este tipo de energía renovable, está rodeado de volcanes y está ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico. Actualmente existen proyectos y estudios para su

implementación.²⁷ El uso de energía geotérmica se extiende por todo el planeta. Figura 11(Ver anexo 16)

1.8.4 BIOMASA

El residuo de la caña (bagazo) es el producto más utilizado para generar energía mediante biomasa, pero también existen más remanentes de otros productos que se emplean en calderos ya sea para la generación de vapor o pirolisis²⁸.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en conjunto a la CIE, han realizado un inventario completo para realizar estudios de biomasa en provincias de Pichincha, Los Ríos y El Oro, que proporcionan datos estadísticos y reales sobre el recurso de biomasa de estas provincias²⁹.

Productos que sirven para generar energía electricidad mediante biomasa podemos enumerar el aceite de piñón, biodiesel y oleína³⁰ proveniente de la palma³¹. Figura 12 (Ver anexo 17)

1.8.5 MAREOMOTRIZ

Para Viñuela & Núñez (2012), la energía mareomotriz, utiliza el movimiento de las olas o marea del mar para mover las aspas de las turbinas que están instaladas en la superficie marina a cierta profundidad y

que permiten generar electricidad. El Ecuador aún no posee un proyecto concreto para desarrollar este tipo de energía renovable y contribuir con la producción limpia de energía eléctrica.

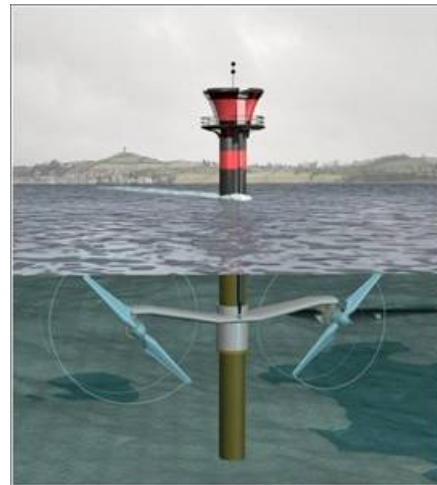


Figura 13. Aspas de turbinas marinas
Fuente: Viñuela & Núñez (2012)

1.8.6 EÓLICA

La energía eólica proviene del viento que permite el movimiento constante de grandes aspas de una turbina que genera movimiento mecánico y que dentro de su mecanismo produce electricidad.

Existen lugares en el planeta privilegiados que gozan de viento en casi todos los meses del año, siendo de esa manera idónea y fiable para la generación de energía de un país.

Para que el suministro sea constante de este recurso natural, depende de las condiciones topográficas, ambientales y del periodo estacional del año. Según el Centro Español de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), un lugar aceptable para la producción de energía eólica es que tiene un promedio de 2000 horas de viento anual (Criollo, 2010).

²⁷ www.elcomercio.com/tendencias/energiageotermica-planeta-cop20-lima

²⁸ Proceso que consiste en la descomposición térmica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno u otros agentes gasificantes, generándose cantidades variables de gases, líquidos y residuos carbonosos.

²⁹ <http://castillobiomasmickey.blogspot.com/>

³⁰ Componente de forma líquida que proviene del aceite de palma.

³¹ http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=45

En el Ecuador, existe un gran patrimonio en lo que respecta al suministro de viento, esto debido a su geografía y a la cercanía a la Cordillera de los Andes, generando velocidades de viento entre 5m/s e incluso mayores, como se lo ha podido constatar en las provincias de Loja e Imbabura. Figura 14(ver anexo 18)

En la tabla 7 (ver anexo 19) se detallan algunos proyectos eólicos que se encuentran en sus diferentes fases.

1.9 ENERGÍA EÓLICA EN EL ECUADOR

Para Muñoz (2013) el potencial eólico del Ecuador es muy alto, ya que se sitúa geográficamente en la Cordillera de los Andes y cerca del Océano Pacífico, por lo que la fuente eólica, cobra alto interés para poder calcular y dimensionar sistemas de generación eléctrica. Como en la región de la costa, la abundante brisa que proviene del mar, y en la región sierra los fuertes vientos que se generan en los picos de las cumbres montañosas.

Los sistemas eólicos son tecnologías comprobadas y desarrolladas hace algunos años por países como Estados Unidos, Canadá, España, Alemania, Dinamarca, entre otros, que tienen alto conocimiento y criterio en el manejo del mercado energético. En el Ecuador, existen muchas barreras para la implementación de este tipo de proyectos, para nombrar uno: la tecnología.

Según el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (2012), el Potencial Eólico en el Ecuador, tiene dos escenarios. Tabla 8 (ver anexo 20)

- Potencial Bruto Total.- Sitios geográficos bajo los 3500msnm (metros sobre el nivel del mar), y velocidades del viento mayores a 7.0 m/s. (Muñoz, 2013).
- Potencial Factible a Corto Plazo.- Considera los puntos anteriores, y adicionalmente sitios con distancias menores o iguales a 10km de la cercanía de la red eléctrica y las carreteras (Muñoz, 2013).

En el año 2007, en la Isla San Cristóbal, Provincia de Galápagos, entró en funcionamiento el Primer Parque Eólico del Ecuador, con 3 aerogeneradores, y con una potencia instalada 2.4MW. Su inversión fue de US \$10.8 millones de dólares. Es un Proyecto financiado por el Gobierno Nacional y contribuciones del Fondo E8³²

Desde el año 2012, se encuentra en estudio la construcción el Parque Eólico Baltra en la provincia de Galápagos, que constará de 3 aerogeneradores y con una capacidad instalada de 750kW, esta energía podrá ser distribuida mediante líneas de transmisión: submarinas, terrestres y aéreas, para contribuir con la electrificación del archipiélago. El costo total del Proyecto bordea los 26 millones de dólares, financiado por un aporte mayoritario del Gobierno Nacional y contribuciones del Fondo Mundial y Fundación de las Naciones Unidas por un valor de 3.1 millones de dólares y aporte del Gobierno Nacional³³.

En la ciudad de Loja, a 2720 msnm, se encuentra el parque eólico Villonaco, el más grande del país, en su clase. Con 11

³² <http://www.ergal.org/cms.php?c=1227>

³⁴ <http://www.elecgapagos.com.ec/proyecto-e% C3% B3lico-baltra-225-mw-5>

aerogeneradores instalados, y con una capacidad de potencia instalada de 16.5 MW (Mega Wattios), funciona desde el año 2013 con una inversión aproximada de \$44 millones de dólares americanos. Es un Proyecto financiado por el Gobierno Nacional (Muñoz, 2013).

Se encuentra en estudio dos proyectos en el sector de Salinas, entre las provincias de Carchi e Imbabura, con una capacidad instalada de 15 MW y Mina de Huascachaca, entre las provincias de Azuay y Loja.

Los expertos en energía eólica de ProViento S.A realizaron en el 1997 hasta el 2001 la campaña de medición y el desarrollo técnico del Proyecto Eólico Salinas en el norte de Ecuador para la empresa operadora ElectroViento S.A., contratado por Windwaerts Energie GmbH de Alemania. Este hubiera sido el primer proyecto eólico del Ecuador, pero lamentablemente por la falta de garantías de pago no se encontró ningún inversionista para arriesgarse a vender energía renovable al estado ecuatoriano. Finalmente en el 2008 la empresa promotora ElectroViento perdió la concesión del proyecto. Hasta este momento probablemente el valle de Salinas ha sido una de los sitios más estudiados en cuestiones de recurso eólico en el Ecuador.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE NORMATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES EÓLICAS IMPLEMENTADAS EN EL ECUADOR

En este capítulo, se mencionan las instituciones que componen el sector eléctrico ecuatoriano y las principales funciones que éstas desempeñan.

Se examinan cada una de las regulaciones del sector eléctrico actual del Ecuador para el desarrollo de energías amigables con el medio ambiente.

Se repasan las leyes que contemplan el uso de energías limpias en el cambio de la matriz energética que permitirán un impulso del país para el sector productivo.

Se analizan cifras obtenidas de datos estadísticos de las fuentes primarias de energía del Ecuador, tomadas del Ministerio de Energía, para constatar el avance energético en los últimos diez años que ha generado el Ecuador.

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

El actual gobierno nacional a través del CONELEC, en un esfuerzo en adaptar y aprovechar la capacidad de generar electricidad de las energías renovables en la matriz energética, han impulsado el desarrollo energético, pero no han tenido los resultados que esperaban, ya que no se han emprendido y tomado las acciones necesarias para la implementación de

estos proyectos, debido a una falta política energética en el Ecuador (Espinoza & León, 2012).

Los países desarrollados han adquirido una amplia experiencia en el campo del desarrollo para las tecnologías renovables, para de esa manera, tener altos conocimientos y madurar proyectos ambiciosos en estos campos.

Latinoamérica es un ejemplo en el avance de estas tecnologías, ya que países como Brasil, Argentina y Uruguay se han adelantado al Ecuador, que en los últimos años ha incentivado y desarrollado proyectos de energías renovables. Pero la falta de políticas y regulaciones en esta materia, han desencadenado en la falta de iniciativas para su desarrollo. La creación y adaptación de un marco regulatorio para este tipo de energías a la realidad del Ecuador es necesario para su impulso y desarrollo (Espinoza & León, 2012).

2.2 SECTOR ELÉCTRICO DEL ECUADOR

En el artículo 1 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico del Ecuador menciona “El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación”³⁴. Eso quiere decir, que los mandantes tienen todo el derecho de tener electricidad sin que la naturaleza resulte afectada por su

³⁴ Ley de Régimen Del Sector Eléctrico Cap. 1: Disposiciones Fundamentales. Art. 1. Deber del Estado

generación.

Además como lo indica el artículo 15 de la Constitución del Ecuador “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto...”³⁵ (p.14).

La aplicación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, regula las actividades de generación de energía eléctrica que se origine en la explotación de cualquier tipo de fuente de energía³⁶. Esto permitirá que proyectos de energías renovables cobren alto interés en los ciudadanos e instituciones públicas y privadas para su implementación.

Dentro del Plan Nacional de Buen Vivir 2009-2013, se menciona en el Objetivo 4: “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable” y dentro de este objetivo, la Política 4.3: “Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles” (p.217).

2.3 ORGANISMOS DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, órgano rector para el sector eléctrico y energía renovable ecuatoriano, formula normativas, planes de desarrollo y políticas para el sector eléctrico y su aprovechamiento eficiente del recurso.

En las Políticas Energéticas del Ecuador 2008-2020, elaborado por el MEER, se destacan los siguientes puntos (Rosero & Chiliquinga, 2012):

- Impulsar un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientales amigables.
- Formular y llevar adelante un Plan Energético Nacional, que defina la expansión optimizada del sector en el marco de un desarrollo sostenible
- Promover el desarrollo sustentable de los recursos energéticos e impulsar proyectos con fuentes de generación renovable (hidroeléctrica, geotérmica, solar y eólica) y de una nueva generación eléctrica, incluyendo la nuclear, excluyendo la generación con base en el uso del diesel.

El CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), órgano regulador y control para el sector eléctrico, vela por cumplimiento de todas las disposiciones emitidas.

En la actualidad está en vigencia la Regulación No. CONELEC – 001/13. Que versa sobre el “Establecer el tratamiento para la participación de generadores, con energías renovables no convencionales, en el sector eléctrico ecuatoriano”. Regulación No. CONELEC – 001/13. Su objetivo es establecer requisitos, precios, periodo de vigencia del contrato, entre otros más.

El CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), órgano administrador en lo técnico como en lo comercial en el mercado eléctrico mayorista en el Ecuador. Coordina las operaciones entre el SIN y la administración entre actividades técnicas y financieras del

³⁵ Constitución Nacional de la República del Ecuador.

³⁶ Ley de Régimen Del Sector Eléctrico, Cap. 2: Disposiciones Generales. Art. 4. Ámbito de Aplicación

Mercado Eléctrico Mayoritario
Ecuatoriano (MEM)³⁷.

Datos Estadísticos de Energía en el Ecuador

Según los datos obtenidos del Consejo Nacional de Electricidad, la potencia efectiva nacional va en constante aumento; como se puede apreciar en la tabla 9 existe un incremento en el uso de energía renovable, mayormente provenientes de recursos hídricos. La energía térmica de turbo-vapor tiene un considerable ascenso, pero no se ha desarrollado por completo. Con la construcción de los parques eólicos en las provincias de Galápagos y Loja, existe un pequeño pero útil aporte de energía, con los demás proyectos eólicos, esta cifra iría subiendo hasta tomar impulso y presentarse como una nueva alternativa al uso de estas tecnologías amigables con el ambiente. (ver anexo 21)

2.4 REGLAMENTO ECUATORIANO PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.

Para Recalde (2013), del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, la constitución política de la República del Ecuador, manifiesta que sobre la generación y desarrollo de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovable está sujeta a los siguientes articulados:

Artículo 15

El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energía alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Artículo 313

El estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Artículo 314

El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias y los demás que determine la ley.

Artículo 413

El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

2.5 NORMATIVAS PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.

La aplicación de modelos energéticamente limpios y aplacamiento de gases de efecto invernadero que

³⁷http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=53

aceleran el cambio climático es prioridad en el estado ecuatoriano.

En el registro Oficial No. 636, en el Decreto Ejecutivo No.1815, menciona en el artículo 1 “Declárese como política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático...” (p.3), y en el artículo 2 “Todos los proyectos que ejecuten entidades del sector público tendrán la obligación de contemplar en su ingeniería financiera una cláusula de adicionalidad, con la finalidad de acceder en lo posterior a mecanismos de desarrollo limpio (MDL).”(p.3)³⁸.

2.6 REGULACIONES PARA INCENTIVAR INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES.

El CONELEC, como encargado de dictar normas y regulaciones eléctricas en el Ecuador, ha propuesto las siguientes regulaciones, a lo referente a energías renovables:

2.6.1. REGULACIÓN 004/11, 14 DE ABRIL DE 2011

2.6.1.1 *Objetivo*

El establecimiento de los requisitos, precios, su periodo de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales³⁹.

³⁸ http://www.cncine.gob.ec/imagesFTP/64321.Registro_Oficial_No._636_17_Julio_2009.pdf

³⁹ Regulación 004/11, 14 de Abril de 2011

2.6.1.2 *Alcance*

Las energías renovables no convencionales comprenden las siguientes: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW de capacidad instalada⁴⁰.

2.6.1.3 *Precios Preferentes*

Los precios preferentes se indican en la tabla 10 (ver anexo 22), los son precios expresados en (cUSD/kWh)⁴¹ que se cobran en el punto de entrega.

En la tabla 11, para centrales hidroeléctricas de hasta 50MW, existen los siguientes precios.

Tabla 11. Precios Referentes Energías Renovables. Hidroeléctricas

CENTRALES	Precio
Hasta 10MW	\$7.17
Mayores a 10MW hasta 30MW	\$6.88
Mayores a 30MW hasta 50MW	\$6.21

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Esta regulación propone precios preferentes que incentivan a la implementación de este tipo de proyectos en el sector privado. Pero la falta de políticas y regulaciones tanto financieras como eléctricas, crean grandes vacíos y falta de interés en los inversionistas.

2.6.1.4 *Vigencia de Precios*

Estos precios tienen vigencia por 15 años, desde la fecha que se suscriba el contrato

⁴⁰ Regulación 004/11, 14 de Abril de 2011

⁴¹ Centavo de dólar norteamericano por kilo Wattio hora.

de concesión y que hayan sido inscritos hasta el 31 de diciembre de 2012.

Una vez que se haya caducado la vigencia del título habilitante⁴², las centrales de energía no convencional tendrán el mismo trato que las centrales convencionales, salvo normas vigentes a esa fecha, como:

- 1) La negociación del precio para la venta de energía de centrales de energía no convencional será según la normativa que esté en vigencia en esa época.
- 2) La negociación del precio para la venta de energía de centrales hidroeléctricas, dependerá del promedio de precio de las unidades de generación eléctrica que estén en plena operación, y cuya tecnología de generación esté acorde a esa época.

2.6.1.5 Despacho de Energía Preferente

CENACE⁴³ despachará de manera preferente, como máximo el 6% de la capacidad instalada y operativa de la energía generada por centrales de energía no convencional al Sistema Nacional Interconectado, según la regulación del Mandato 15⁴⁴. Para esta regulación se acogen todos los tipos de centrales de energía renovable, a excepción de las

centrales hidroeléctricas menores a 50MW.

Si se excediera el límite de energía eléctrica, aportada por las nuevas centrales de energía renovable, se someterán a las mismas condiciones que las centrales convencionales. Y en el caso de existir subsidios o compensaciones de las tarifas por parte del estado, entonces se podrá exceder el 6% hasta un porcentaje que se determine en las políticas vigentes.

2.6.1.6 Precio de la energía a partir del 2013

A partir del año 2013, todo nuevo proyecto que se desea suscribir o por cambio de capacidad instalada en la central, el CONELEC, realizará un estudio técnico con base en los precios del mercado nacional eléctrico y referencias internacionales para este tipo de energías, para implementar las tarifas de energía y periodo de vigencia, que se apliquen para el año en mención.

2.6.1.7 Sistemas No Incorporados

La energía que se haya producido por generadores no convencionales y que se entregue a un sistema no incorporado, para efectos de liquidación⁴⁵, será considerada como entregada al SNI, y su costo asumido por el mismo.

⁴² Permiso de funcionamiento otorgado por el CONELEC para proyectos mayores de 1MW, faculta al inversor que pueda generar y distribuir energía eléctrica.

⁴³ Centro Nacional de Control de Energía

⁴⁴ El Consejo Nacional de Electricidad -CONELEC-, en un plazo máximo de treinta (30) días, aprobará los nuevos pliegos tarifarios para establecer la tarifa única que deben aplicar las empresas eléctricas de distribución, para cada tipo de consumo de energía eléctrica. Además se incluyen otras disposiciones relacionadas con el sector eléctrico (FERUM, cruce de cuentas)

⁴⁵ Para el efecto de liquidación el CENACE determinará a los generadores de energía renovable y distribuidores que no estén incorporados al Sistema Nacional Interconectado, las normas y legislaciones para efectuar la liquidación de la energía entregada y recibida.

2.6.2. REGULACIÓN 001/13, 21 DE MAYO DE 2013.

Mientras estuvo vigente la regulación 004/11 “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”, hubo una gran acogida por parte de generadores de energía fotovoltaica, por lo que con esta nueva regulación se pretende dar mayor impulso a las demás tecnologías renovables.

2.6.2.1 Objetivo

Establecer el tratamiento para la participación de generadores, con energías renovables no convencionales, en el sector eléctrico ecuatoriano⁴⁶.

2.6.2.2 Alcance

En la presente Regulación abordan los aspectos relacionados con: i) condiciones preferentes, ii) procedimiento general para la obtención de la habilitación ante el CONELEC, iii) cupo para el desarrollo de proyectos de generación, iv) condiciones operativas, v) condiciones comerciales⁴⁷.

2.6.2.3 Periodo Preferente

Estos precios tienen vigencia por 15 años, desde la fecha que se suscriba el contrato de concesión y que hayan sido inscritos hasta el 31 de diciembre de 2016.

2.6.2.4 Periodo Ordinario

Periodo comprendido, entre la terminación del período preferente hasta la finalización del plazo de concesión⁴⁸

Los precios para el periodo ordinario se indican en la tabla 12 (ver anexo 23), Son precios expresados en (cUSD/kWh)⁴⁹ que se cobran en el punto de entrega.

En la tabla 14, para centrales hidroeléctricas de hasta 50MW, existen los siguientes precios.

Tabla 13. Precios Referentes Energías Renovables

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR (GALÁPAGOS)
Eólicas (terrestres)	\$11,74	\$12,91
Solar termoeléctrica	\$25,77	\$28,34
Corrientes marinas	\$32,43	\$35,67
Biomasa y Biogás	\$11,08	\$12,19
Geotérmicas	\$13,81	\$15,19

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Tabla 14. Precios Referentes Energías Renovables. Periodo Ordinario

CENTRALES	Precio
Hasta 10MW	\$7.81
Mayores a 10MW hasta 30MW	\$6.86
Mayores a 30MW hasta 50MW	\$6.51

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

2.6.2.5 Precios en el Periodo Ordinario

Estos precios tienen vigencia por 15 años, desde la fecha que se suscriba el contrato de concesión y que hayan sido inscritos hasta el 31 de diciembre de 2016.

Una vez que se haya caducado la vigencia del título habilitante⁵⁰, las centrales de energía no convencional tendrán el

⁴⁶ Regulación 001/13, 21 de Mayo de 2013

⁴⁷ Regulación 001/13, 21 de Mayo de 2013

⁴⁸ Regulación 001/13, 21 de Mayo de 2013

⁴⁹ Centavo de dólar norteamericano por kilo Wattio hora

⁵⁰ Permiso de funcionamiento otorgado por el CONELEC para proyectos mayores de 1MW, faculta al inversor que pueda generar y distribuir energía eléctrica.

mismo trato que las centrales convencionales, salvo normas vigentes a esa fecha, como:

- 1) La negociación del precio para la venta de energía de centrales de energía no convencional de la tabla 13, será según la normativa que esté en vigencia en esa época.
- 2) La negociación del precio para la venta de energía de centrales hidroeléctricas de la tabla 14, dependerá del promedio de precio de las unidades de generación eléctrica que estén en plena operación, y cuya tecnología de generación esté acorde a esa época.

2.6.2.6 Despacho de Energía Preferente

CENACE despacha de manera preferente, toda la energía generada por centrales de energía no convencional al Sistema Nacional Interconectado.

Para esta regulación se acogen todos los tipos de centrales de energía renovable, a excepción de las centrales menores a 1 MW, tal como lo indica el artículo 29 del Reglamento de Despacho y Operación “Establece que el CENACE incorporará toda la información relacionada con las unidades no sujetas al despacho centralizado, pero que estén conectadas al Sistema Eléctrico, a fin de considerar su incidencia técnica y económica en la planificación de la operación y el despacho económico y que los propietarios de aquellas unidades tienen la obligación de enviar toda la

información requerida por la Corporación”⁵¹ (p.8)

2.6.2.7 Consideraciones Generales

Todos los interesados en implementar y desarrollar proyectos de energía renovable, mediante el uso de recursos no convencionales, podrán solicitar un trato preferente al CONELEC, teniendo en cuenta las condiciones y reglamentos que se establecen en las regulaciones y normas vigentes.

Además se considera que aquellos proyectos de generación de energía renovable mediante recursos no renovables con una capacidad nominal instalada menor a 1MW, puede acogerse a condiciones preferenciales de la presente regulación, cumpliendo con las normas y legislación de las normativas vigentes.

2.6.2.8 Transferencia de Conocimiento por parte de Generadores Privados

Las generadoras privadas que se acoplen a las normas que se establecen en esta regulación, deberán transferir su información en aspectos como: diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Se establece que del personal nacional el 100% de mano de obra no calificada y el 50% de personal técnico se desempeñarán en etapas de: construcción y operación hasta la culminación de la concesión. Además, que el personal administrativo no se considerará como personal técnico dentro de la obra.

⁵¹ Reglamento De Despacho Y Operación Del Sistema Nacional Interconectado (Decreto No. 591), 11 de febrero de 1999.

Se debe garantizar por parte del generador durante los primeros cinco años, al menos una vez al año, capacitación técnica, pasantías, entre otros, relacionada a la tecnología utilizada en el proyecto.

2.6.2.9 Condiciones para el Otorgamiento de Títulos Habilitantes

2.6.2.9.1 Generadores conectados al Sistema Nacional Interconectado

Para acogerse y acceder al Título Habilitante las generadoras en esta regulación, deben observar los cupos para el tipo de tecnología a desarrollarse en los proyectos. A continuación se adjunta la tabla 15 con los cupos correspondientes:

Tabla 15. Cupos para otorgamiento títulos habilitantes

Centrales	Cupo(MW)
Eólicas (terrestres y marinas)	100
Solar termoeléctrica	10
Corrientes marinas	5
Biomasa y Biogás	100
Geotermia	200

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Bajo las normas y condiciones que se establecieron en la presente regulación, se excluyen a los proyectos hidroeléctricos que no tienen limitaciones en su cupo de generación eléctrica.

2.6.2.9.2 Generadores Ubicados en Sistemas Aislados

La energía que se haya producido por generadores no convencionales y que no están interconectados al Sistema Nacional Interconectado, y que adopten las normativas de la presente regulación, se incorporarán al cupo de generación

eléctrica para el desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales que se indica en el punto anterior. Con la excepción de hidroeléctricas con una potencia instalada menor o igual a 50 MW.

2.6.2.9.3 Liquidación de la Energía de los Generadores Renovables No Convencionales

La energía producida por un generador renovable no convencional, y que se entregue a sistemas no incorporados, para efectos de liquidación⁵², será considerada como entregada al SNI, y el sobrecosto generado en estos sistemas no incorporados, será distribuido entre toda su demanda. Estas condiciones se aplican para sistemas no incorporados al Sistema Nacional Interconectado.

2.6.2.10 Responsabilidad de las Empresas Públicas y Sociedades Anónimas que funcionen como Públicas para el estado del Buen Vivir Territorial.

Para las empresas públicas que se acojan a esta regulación y que estén dentro de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, en las zonas de construcción y generación de proyectos, se deberán implementar programas estatales del Buen Vivir Territorial.

2.6.2.11 Determinación de los Recursos a ser Destinados a la Cuenta para el Estado del Buen Vivir Territorial.

⁵² Para efectos de liquidación el CENACE determinará a los generadores de energía renovable y distribuidores que no estén incorporados al Sistema Nacional Interconectado, los procedimientos necesarios para efectuar la liquidación de la energía entregada y recibida.

Para la aportación económica mensual por parte de las empresas generadoras a los programas de beneficios territoriales, se debe considerar el valor unitario⁵³.

El valor unitario se seguirá aplicando mientras esté vigente la presente regulación, y mientras el Estado siga participando en la inversión en proyectos de generación eléctrica mediante el uso de energía renovable.

En la tabla 16 se indican los valores unitarios expresados en (cUSD/kWh recaudado) que se aplican mensualmente a este tipo de proyectos:

Tabla 16. Valores unitarios pagados mensualmente por beneficios territoriales

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR (GALÁPAGOS)
Eólicas (terrestres)	\$3,15	\$3,46
Eólicas (marinas)	\$4,66	\$5,12
Solar termoeléctrica	\$7,06	\$7,77
Corrientes marinas	\$8,42	\$9,26
Biomasa y Biogás	\$2,94	\$3,23
Geotérmicas	\$3,71	\$4,08

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Y para centrales de generación eléctrica que no estén dentro del cupo de energías renovables (tabla 17), se aplicará el programa Estado del Buen Vivir Territorial, con los siguientes valores:

Tabla 17. Valores unitarios pagados mensualmente por beneficios territoriales

Centrales	Capacidad (C) (MW)	Territorio Continental
HIDROELECTRICAS	$C \leq 10$	\$2,26
	$10 < C \leq 30$	\$1,98
	$30 < C \leq 50$	\$1,87

Fuente: CONELEC

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Y para los Generadores No Convencionales Públicos, que asuman los costos de inversión del proyecto, quedan exentos de compensaciones económicas debido a la implementación de los programas estatales del Buen Vivir Territorial, el cual constará en el Título Habilitante que es emitido por el CONELEC.

⁵³ Valor representado en cUSD/kWh recaudado, por tipo de tecnología de generación eléctrica.

CAPÍTULO 3: ASPECTOS TÉCNICOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS EÓLICOS.

3.1 Condiciones determinantes para poner en funcionamiento una central de generación eólica

Las diferencias de presión y variación de la temperatura ocasionados por el movimiento de la tierra, son los parámetros fundamentales que generan el desplazamiento de masas de aire que se lo conoce como el viento; el mismo ha sido aprovechado de diversas formas a través de la historia de la humanidad.

En la antigüedad, en las culturas sumerias y egipcias, la fuerza del viento fue utilizada para mover las velas en los barcos, luego Europa hereda esta tecnología y la aplica para construir los molinos hidráulicos o ruedas hidráulicas y construir los molinos de trigo; en Norteamérica se utilizaba el molino multipala para extracción de agua. A través de los años, se han desarrollado diferentes diseños de estos aparatos (Gómez, 2010).

Según las anotaciones estadísticas mundiales sobre potencia eólica utilizable, en el año 1992 se tenían 2278 MW instalados, en el año 2009 creció a 159213 MW, datos que demuestran que la tecnología eólica está siendo eficientemente utilizada en las perspectivas de los países desarrollados. En Latinoamérica, países como Costa Rica, Brasil y México, disponen de esta potencia instalada y se cree que existen muchos proyectos en fase de estudio y desarrollo.

Más de una década de búsqueda y desarrollo de la tecnología eólica, que ha permitido que se la considere una energía limpia, segura y económicamente factible. Sin embargo, hay problemas en cuanto a la entrada en operación en los sistemas eléctricos de potencia, relacionados con el control de frecuencia, potencia reactiva, control de tensión, confiabilidad del sistema e imposibilidad de acopio, así como también problemas ambientales y la admisión social a este tipo de proyectos.

En cuanto al aspecto financiero, hay que buscar alternativas para minimizar los costos y maximizar los beneficios, para que sea una energía competitiva en comparación con las energías tradicionales. Muchos países con importante penetración de energía eólica, han solucionado estos inconvenientes y han tenido que acostumbrarse para la entrada de este modelo de generación. Por otro lado, es fundamental la ubicación para instalación de los aerogeneradores, por cuanto son los parámetros que determinan la eficiencia y rentabilidad económica y financiera del proyecto (Zhu & Cheung, 2009).

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL EÓLICA.

La forma más común de usufructuar la energía eólica es a través del empleo de aerogeneradores o turbinas de viento.

Los aerogeneradores son máquinas con dispositivos desarrollados para la utilización del recurso viento, con el propósito de cambiar su energía eólica en energía mecánica o energía eléctrica; son de tecnología variada, y por su dimensión, su seguridad y control no es tan exacto como las turbinas

convencionales, sobre todo en redes en el que no se ha introducido este modelo de energía. Pueden ser de eje horizontal o de tipo ventilador, cuyo eje de rotación del equipo se encuentra equidistante al suelo, es considerado el más común, por su seguridad, eficiencia y su capacidad para acondicionarse a distintas potencias; puede ir desde el orden de los vatios a los MW; o también los hay de eje vertical, cuyo eje de rotación del equipo se encuentra perpendicular con el suelo (Torelló, 2009).

El 90 % de las máquinas instaladas son tripalas instaladas a barlovento⁵⁴ de la torre, como se ilustra en la figura 15. En el caso de barlovento las aspas del aerogenerador están frente a la dirección del viento; esta disposición en particular permite reducir las cargas de fatiga al reducir el efecto sombra de la torre y evita el ruido aerodinámico producido por las palas cuando el rotor se sitúa a sotavento.

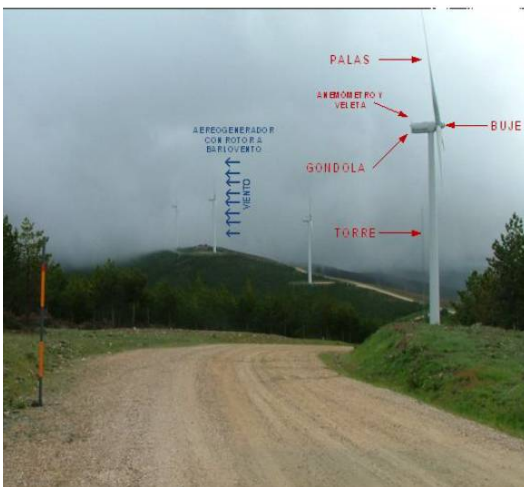


Figura 15. Vista de un Parque Eólico, en León y Castilla, España, de Eje Horizontal
Fuente: Barragán A. (2012)

En la figura 16, se puede visualizar las partes principales del aerogenerador de

eje horizontal, el más común, (Escudero, 2008); (Avia, 2001):

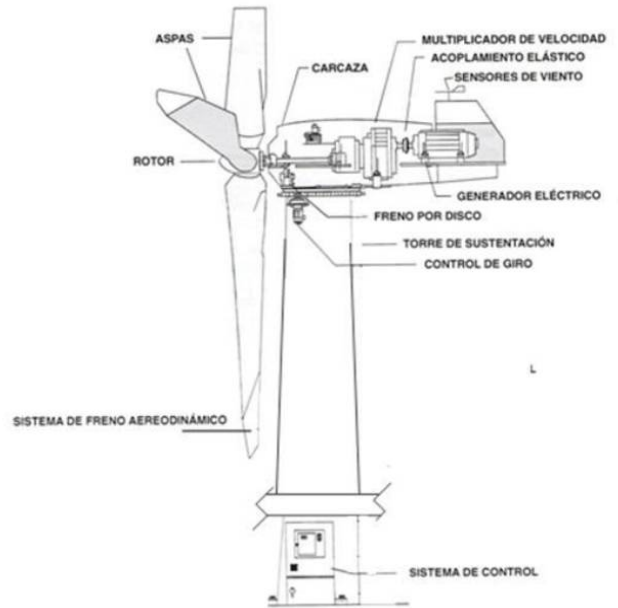


Figura 16. Estructura General de un Aerogenerador
Fuente: Harper E. (2009)

3.1.1.1 TORRE Y CIMIENTO: La torre soporta la góndola y el rotor. Para asegurar la estabilidad de la turbina eólica, se construyen los cimientos, los mismos que pueden ser someros u hondos. El tipo de cimentación depende del grado de resistencia del suelo en el cual se instala la máquina. La torre es la estructura que se construye no sólo para tolerar la carga de la góndola y de los álabes del rotor, sino también sirve para absorber las cargas causadas por la fluctuación de la potencia del viento. La altura a la que está el buje del rotor supedita la cantidad de energía, mientras más altos estén, disminuyen las perturbaciones del suelo y la velocidad del viento será mayor. La altura de las torres fabricadas varía de acuerdo a la tabla 18.

⁵⁴ Barlovento y Sotavento, son disposiciones del rotor frente a la velocidad del viento

Tabla 18. Altura de las torres en dependencia de la potencia nominal y del diámetro

ALTURA DE LA TORRE (m)	POTENCIA NOMINAL DE LA TURBINA (kW)	DIÁMETRO DEL ROTOR, m
65	600 – 1000	40 - 65
65 – 114	1500 – 2000	70 – 80
120 - 130	4500 – 6000	112 - 126

Fuente: Moreno Figueredo, C. (Sin Fecha)

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

3.1.1.2 ROTOR: Comprende el buje y los álabes o palas; estas últimas apresan el viento y trasladan su potencia a un buje, el mismo que se conecta al eje de baja velocidad de la caja multiplicadora y transforma la energía del viento en energía de rotación. Si la turbina no dispone de caja multiplicadora, la energía se transmite al generador. El buje puede elaborarse en hierro o acero fundido. Cuanto más grande sea la superficie de barrida del rotor mayor será la producción. Además las álabes o palas se parecen a las alas del avión y la mayoría de turbinas tienen tres alas (Moreno, Sin Fecha)

3.1.1.3 GÓNDOLA Y TREN DE FUERZA: Es el lugar en donde se localiza el multiplicador, el generador eléctrico, sistemas hidráulicos de orientación, control y freno. Sostiene la turbina y debe ser capaz de rotar para proseguir la dirección del viento. Su diseño depende de cómo se ubiquen los componentes del tren de fuerza. En su parte externa cuenta con un anemómetro y una veleta que permiten la información constante a todo el sistema para su control (Moreno, Sin Fecha)

3.1.1.4 GENERADOR: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen dos tipos de generadores, los asincrónicos o de inducción que se utilizan con mayor frecuencia por su

economía y capacidad de soportar sobrecargas; y los sincrónicos, que se lo conecta a la red mediante un convertidor de frecuencia. En función del tipo de turbina y del tipo de control, se conectan directamente con la red por medio de un transformador o también se conectan por medio de un convertidor de frecuencia. En el supuesto que se conecten por medio de rectificadores e inversores, la velocidad del generador es variable e independiente de la red (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003); (Zubía, 2003).

3.1.1.5 SISTEMA DE TRANSMISIÓN: La caja de engranaje se elabora de forma que posibilite subir las velocidades de 20 r.p.m. hasta 1500 r.p.m. para que el generador logre conectarse con la red.

3.1.1.6 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE POTENCIA: La potencia y la frecuencia en los generadores, es sondeada por medio de la potencia mecánica suministrada a la turbina. El procedimiento de control es de dos tipos: control por pérdida aerodinámica, y control por cambio de paso; sin embargo, lo que interesa es mejorar el rendimiento y obtener la mayor energía del viento.

3.1.1.7 SISTEMA DE ORIENTACIÓN: Son sensores colocados en la parte posterior de la góndola, que sirven para monitorear y medir la velocidad (anemómetro) y dirección (veleta) del viento a cada momento y que envía órdenes a los sistemas de control que accionan servomotores que actúan a través de los engranajes sobre una corona dentada que almacena a la góndola con la torre.

3.1.1.8 SISTEMA ELÉCTRICO: Los generadores asincrónicos se usan con mayor frecuencia en la generación eólica, por su economía, sencillez y capacidad de

soportar sobrecargas. Sin embargo, se fabrican también generadores síncronos multipolar u otros con el objeto de evitar la caja multiplicadora, la misma que permite reducir peso, reduce el mantenimiento y obvia fallas (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003); (Zubía, 2003).

3.1.1.9 MULTIPLICADOR: Tiene como función modificar la velocidad del giro del motor a la velocidad del trabajo del generador eléctrico⁵⁵.

3.1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN

3.1.3.1 Potencia eléctrica generada por un aerogenerador está dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} \rho S V^3 C_p \quad \text{Ecuación 3.1.3.1}$$

P = Potencia en vatios

ρ = Densidad del aire (kg/m^3)

S = Diámetro de las aspas (m)

V = Velocidad del viento (m/s)

C_p = Coeficiente de Potencia (En un aerogenerador de alta prestación va desde 0.35 – 0.59)

Como se puede apreciar en la fórmula, la potencia eólica que se produce en un aerogenerador es directamente proporcional a la densidad del aire⁵⁶, a la superficie del barrido de las aspas⁵⁷ del

aerogenerador al cubo de la velocidad del viento y al coeficiente de potencia⁵⁸. Por lo dicho anteriormente, mientras más denso es el aire, se tendrá más energía cinética; esto aplica para lugares llanos. Mientras que para lugares de mayor altitud, el aire es menos pesado, por lo que hay menos energía cinética.

Según Barragán (2012), para la obtener datos sobre el rendimiento de la turbina del aerogenerador en un año, los parámetros como la curva de potencia del aerogenerador y la curva de duración de velocidad son indispensables. La primera es propia para el modelo del aerogenerador, y la segunda curva se la obtiene mediante mediciones del viento durante un intervalo de tiempo, mediante el uso de anemómetros, torres de medición, veletas y data loggers.

La curva de potencia permite conocer en qué momento existe generación eléctrica de un aerogenerador⁵⁹, además que se puede determinar tres tipos de velocidad.

En la figura 17 (ver anexo 24) y tabla 19, se pueden representar los tres tipos de velocidades de la curva de

⁵⁵ Matriz Energética Del Ecuador, Septiembre, 2013

⁵⁶ La Densidad del aire es 1.225 Kg/m³, según condiciones normales de presión atmosférica (nivel del mar) y a una temperatura de 15°C, este valor tiene ligeras variaciones según la humedad del aire.

⁵⁷ Superficie de barrido de aspas, es que mientras mayor cantidad de aire en movimiento mueva las aspas del

aerogenerador, mayor energía cinética se producirá por este. Energía Eólica, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Clemente Álvarez. 2006. Madrid España.

⁵⁸ Este coeficiente revela la eficiencia con el que el aerogenerador convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Energía Eólica, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Clemente Álvarez. 2006. Madrid España.

⁵⁹ <http://es.pfernandezdiez.es/index.php?pageID=16>

potencia de un aerogenerador con potencia nominal⁶⁰ de 900kW.

Tabla 19. Velocidades específicas de la curva de potencia

Tipo de Velocidad	Característica	Velocidad (m/s)
Velocidad de Arranque	Velocidad del viento con el que el aerogenerador suministra energía útil.	3 – 5
Velocidad Nominal	Velocidad del viento con el que el aerogenerador alcanza su potencia nominal.	12 – 15
Velocidad de Parada	Velocidad del viento con la que el rotor del aerogenerador, se detiene mediante un mecanismo de frenado o control, con el fin de evitar su avería.	25 – 30
Velocidad de supervivencia	Velocidad del viento en exceso con el que el aerogenerador puede averiarse aun estando detenido	70

Fuente: Creus A. (2008)

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Según el estudio realizado por Ávila, Alesanco & García, (2010)⁶¹ en la tabla 20 (ver anexo 25), se ilustran las características de las curvas de potencia de 4 aerogeneradores

ENERCON, pero con distintas prestaciones.

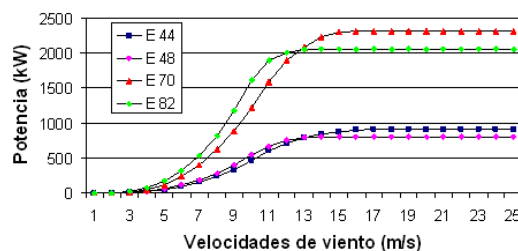


Figura 18. Curva de potencia aerogeneradores seleccionados

Fuente: Ávila, D., Alesanco, R., García, F. (2010)

3.1.3 IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL.

El Ecuador posee abundantes recursos de energía eólica, que hace que las energías renovables sean atractivas para el país. El montaje de aerogeneradores en la línea de cumbre de sus montañas o en la zona costanera, tiene muchas ventajas para una región, una de ellas es la producción de energía limpia o como se la conoce también energía verde, la misma que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero, reemplazando las termoeléctricas que utilizan hidrocarburos⁶²; otro beneficio es la reducción de toneladas de CO₂; para calcular la cantidad de toneladas que se dejarían de emitir al medio ambiente con base a las estadísticas de las centrales térmicas del país y de acuerdo al factor de conversión (0.6299 Ton/MWh, para centrales eólicas) se evitaría el envío a la atmósfera de 0.6299⁶³ toneladas de CO₂; y, también la importación de diésel, que reduce los accidentes de derrame de combustible y por ende la afectación al medio ambiente.

⁶⁰ Potencia nominal de un aerogenerador es la potencia para la cual fue diseñado el aerogenerador. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia48/HTML/articulo03.htm>

⁶¹ Coste del kWh eólico generado en Cuba, a partir de datos de viento de una región de buenos potenciales eólicos.

⁶² Ecuador se une a la carrera por la generación de energía limpia, El Comercio, (01 de Enero del 2013).

⁶³ Cálculo del factor de emisión del sistema eléctrico interconectado del Ecuador año 2012.

3.1.3.1 EL IMPACTO AMBIENTAL:

En este tipo de proyectos eólicos el impacto ambiental es bajo. Si analizamos parámetros como el ruido, es reducido, pues los aerogeneradores no están ubicados cerca de las zonas urbanas, y como conocemos, el ruido se disminuye con la distancia, es tanto que se puede mantener una conversación en la base del aerogenerador; los niveles de mortandad de la fauna son bajos, pues hay reducción de gases en el medio ambiente y en cuanto a la muerte de aves y murciélagos es mínima si comparamos con las que suceden cuando topan las líneas de transmisión eléctrica, además las astas de los aerogeneradores tienen un sistema de rotación lento que la colisión con las aves es cada vez menor; el área que ocupan los parques eólicos es reducida, quizá un 2% del suelo y su diferencia el 98%, puede utilizarse para los otros fines. Pero también hay obstáculos que deben ser corregidos y se refiere a la adaptación de las redes y parámetros eléctricos; así también interferencias electromagnéticas que pueden producir efectos de reflexión de las ondas de televisión, microondas, radios e interferencias en las señales de los sistemas de comunicación etc. como resultado de la ejecución de las obras eólicas (Creus, 2008).

Según Barragán (2012), el marco legal ecuatoriano, es materia de evaluación ambiental las obras de generación eléctrica, cuyo desplazamiento total sea igual o mayor a 1 MW. El Manual de Procedimientos para la Evaluación de Proyectos y Actividades Eléctricas, da pautas y lineamientos ambientales para la evaluación de proyectos de generación eólica, tomándose en cuenta parámetros como la sensibilidad ambiental y nivel de potencias de impacto ambiental.

3.1.3.2 EL IMPACTO SOCIAL: Se ve reflejado por el incremento y diversificación del trabajo laboral local y regional, no sólo en la fase de construcción, sino en el trayecto de ejecución y mantenimiento del proyecto eólico. En Ecuador, el empleo también se dará en las fases antes indicadas y a lo largo de la vida útil del proyecto. Según las estadísticas de la Matriz Energética del Ecuador y considerando la operación total de los Proyectos eólicos, para el año 2020, la capacidad laboral representaría aproximadamente un 2% de la potencia instalada.

En la Tabla 21 (ver anexo 26), se presenta datos sobre proyecciones del empleo y las emisiones de CO₂ eludidas en el funcionamiento de algunos proyectos eólicos.

Calculado a razón de Operación y mantenimiento = 0.4 empleos/MW; Construcción = 13 empleos/MW (0.25 directos y 0.75 indirectos) (Barragán, 2012).

Factor de carga de una central eólica: 0.2 a 0.4; se usa un promedio de 0.3 y con la utilización del factor de emisión de generación eléctrica del Ecuador (Barragán, 2012).

Los recursos eólicos son una fuente de generación de energía limpia para Ecuador, y la puesta en marcha de proyectos eólicos, aportaría un desarrollo sostenible al sector eléctrico, sin embargo el crecimiento y desarrollo de la industria eólica tiene problemas, por cuanto el país es altamente dependiente de los hidrocarburos (15% del producto interno bruto) y la potencia hidroeléctrica; otro

aspecto es la poca investigación que existe en esta área, que son limitantes para que no se concreten proyectos eólicos, de ahí que su crecimiento dependerá de los estímulos (económico y legal) que garanticen la rentabilidad de las inversiones (Muñoz, 2013); (Barragán, 2012).

3.1.4 REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN

Un parque eólico está compuesto por un grupo de turbinas eólicas, que actúan en paralelo con los sistemas convencionales de generación eléctrica para abastecer energía eléctrica de acuerdo a sus requerimientos; su interconexión con la red puede ser difícil, y depende del número de máquinas que se conecten. El rango normal de potencia para los generadores de las granjas eólicas, dependiendo del recurso disponible fluctúa entre los 300 KW y 750 KW.

Para evaluar su influencia en la red eléctrica integrada, se emplea el Grado de Penetración de la producción eólica (GPE) en relación de una demanda determinada. Es importante señalar que la calidad de potencia que debe tener el fluido eléctrico está dada por el Grado de Penetración de la Generación Eólica, (en los EEUU, el 15 % de GPE es un porcentaje que están conformes sus empresas). Pero también hay que tener presente que la calidad de la energía varía debido a la inestabilidad del viento y su repercusión en la potencia eólica generada (Barragán, 2012).

Esta es la ecuación para obtener un GPE:

$$\text{GPE} = \frac{\text{Potencia Eólica}}{\text{Potencia Eólica} + \text{Potencia Convencional}}$$

Ecuación 3.1.5

Un GPE admisible dependerá de diferentes circunstancias: tipo de turbinas eólicas, desplazamiento y longitud de las líneas de transmisión que enlazan la generación con la demanda y la forma de operación de la generación convencional⁶⁴ (CAMMESA, Sin Fecha).

En el Ecuador, la entrada de centrales eólicas al sistema energético, demanda una acertada predicción de la velocidad del viento, lo más preciso, caso contrario va a afectar a la planificación de la reserva operacional⁶⁵, es decir a los costos operacionales y a la estabilidad de la red a la que está interconectada, CAMMESA (Sin Fecha), por lo cual es indispensable para la interconexión observar ciertos parámetros como la potencia activa y control de frecuencia, planificación de la reserva y costos operacionales, reserva fría, niveles de tensión, tensión nominales de las redes, curvas de capacidad, potencia reactiva, requerimientos de la calidad de onda. Mismos que están regulados por la normativa ecuatoriana cuyos parámetros técnicos serán los mismos que los constituidos para los generadores convencionales. (Zubía, 2013)

⁶⁴<http://sitio.iae.org.ar/minisites/GTEP/Archivos/RENOVABLES/CAMMESA-Insercion%20Eolica%202002.pdf>

⁶⁵ La reserva de la operación sirve para asegurar un adecuado funcionamiento del sistema frente a pérdidas de generación, pérdidas de líneas de transmisión, compras de energía al exterior, fluctuaciones anormales de la carga.

3.1.4.1 POTENCIA ACTIVA.- Es la potencia de los generadores eólicos que a través del viento se genera por el mecanismo de la turbina, que es aleatoria y depende de la velocidad del viento. La relación de potencia y la velocidad del viento es cúbica. El control de los aerogeneradores se lo hace con el diseño o giro de la paleta (Zubía, 2003).

3.1.4.2 CONTROL DE FRECUENCIA.- La frecuencia es 60 Hz y los límites de frecuencia oscila entre los rangos de 57.5 y 62 Hz Regulación 006/00 (2000⁶⁶).

3.1.4.3 PLANIFICACIÓN DE LA RESERVA Y COSTOS OPERACIONALES.- Permite regular y planificar adecuadamente la entrega de energía al sistema eléctrico nacional; la entrada a las centrales eólicas exigen una predicción del viento lo más exacta posible, puesto que un pronóstico errado repercute en fluctuaciones es decir en los costos operacionales. La CENACE determina esta reserva (Barragán, 2012).

3.1.4.4 RESERVA FRÍA.- Es la reserva hidráulica no rodante o térmica, que estaría disponible en un tiempo no mayor a 15 minutos, permite controlar las sobrecargas o cubrir la demanda.

3.1.4.5 NIVELES DE TENSIÓN.- La variación media del viento ocasiona un cambio de la potencia activa y reactiva, que da lugar a una variación de tensión en los terminales de salida del aerogenerador. Se aconseja realizar un

análisis de la variación de la potencia generada ya que varían en amplio rango debido a la variación del viento y a las paradas del sistema (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

3.1.4.5.1 TENSIONES NOMINALES DE LAS REDES.- De acuerdo a normas Internacionales se recomienda que los niveles de distribución, los valores no deben diferir de $\pm 10\%$ (Zubía, 2003). En Ecuador la altura de voltaje de las barras y el factor de potencia de cargas conectadas al sistema de transmisión han sido dadas por la Regulación 004/02⁶⁷; el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y los comisionados del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) mediante un estudio determinan los niveles de voltaje y los valores del factor potencia que deben tener los Distribuidores y Grandes Consumidores en sus puntos de conexión con el Transmisor o Distribuidor (Barragán, 2012),

3.1.4.5.2 CURVAS DE CAPACIDAD.- Presentan las funciones de los parámetros técnicos del generador. Es la carta de operación del generador (Barragán, 2012).

3.1.4.6 POTENCIA REACTIVA.- Cuando aumenta la potencia activa generada, el flujo de la potencia reactiva causa problemas; se solucionan instalando baterías de condensadores para mejorar el factor de potencia y/o colocando un sistema electrónico de

⁶⁶ Regulación CONELEC 006/00, Procedimientos de despacho y operación.

⁶⁷ Regulación CONELEC 004/02, Transacciones de potencia reactiva en el MEM.

potencia entre el estator y la red (Barragán, 2012).

3.1.4.7 REQUERIMIENTOS SOBRE CALIDAD DE ONDA.- La energía trifásica debe tener una onda perfecta sinusoidal, con amplitud y frecuencia constantes, tanto por las cargas como por el transporte. En los generadores eólicos se producen una serie de perturbaciones que alteran la forma de la onda por la variación del viento (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003); (Barragán, 2012).

3.1.4.7.1 FLUCTUACIÓN DE TENSIÓN Y FLICKER⁶⁸.- Se considera como el efecto más perjudicial que ocasionan la fluctuación de tensión, es la percepción de pérdida de luminosidad de una lámpara ocasionada por la fluctuación de la tensión de alimentación, misma que depende de la amplitud y la frecuencia (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

3.1.4.7.2 TIPOS DE FLUCTUACIONES DE TENSIÓN.-

Existen dos tipos:

1) De Operación continua.- Producida por la turbulencia del viento y propiedades mecánicas de la turbina; el coeficiente c de flicker no es relevante en las turbinas, pues las condiciones del viento permanecen estables en un tiempo de dos horas (Barragán, 2012).

2) De Operación en maniobra.- Estos parámetros se utilizan para los sistemas de transmisión y no se hace referencia al

sistema de generación. Los valores se encuentran tabulados en tablas (Barragán, 2012).

3.1.4.7.3 DESEQUILIBRIO DE FASES.- Para tensión baja y media, no debe superar el 2%. En los aerogeneradores puede provocar armónicos de corriente inversa, que a su vez originará desequilibrio en la tensión, cuando es excesivo desconecta los sistemas de control al generador. Estos desbalances son provocados por la conexión de cargas monofásicas en sistemas trifásicos, o por desconexión de una fase en un banco de condensadores (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003); (Barragán, 2012).

3.1.4.7.4 TRANSITORIOS Y SOBRETENSIONES.- Son cambios violentos de tensión de corta duración de diez milisegundos, en el caso de aerogeneradores se reducen conectándose a un transformador, son incitadas por operaciones de apertura, descargas atmosféricas (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003). En los parques eólicos, en el diseño se toma en cuenta los cables, aisladores, transformadores consideren límites máximos de tensión transitoria para que puedan soportar tensiones altas.

3.1.4.7.5 HUECOS DE INTERUPCIONES BREVES DE TENSIÓN.- Surgen cuando la tensión de una o más fases se desploman súbitamente por debajo de lo establecido, que es un límite del 90%, luego se repone en un lapso que va de los milisegundos a

⁶⁸ Flicker es una percepción de variación de luminosidad en una lámpara, y es originada por fluctuaciones de tensión en la red.

segundos⁶⁹; las causas están en los cortocircuitos, los huecos pueden producir daños en el sistema de regulación de las turbinas de velocidad variable ocasionando oscilación de tensión en las tres fases aumento de la corriente y a su vez incremento de la temperatura (Creus, 2008); (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

3.1.4.7.6 ARMÓNICOS E INTERARMÓNICOS.-

Cuando se adapta una carga no lineal a una fuente de tensión en convertidores electrónicos, produce una corriente lineal que circula por la impedancia estableciendo una tensión distorsionada, ocasionando calentamiento del neutro en los transformadores de distribución, también resonancia en las baterías de los condensadores utilizados en mejorar el factor de potencia (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

En los parques eólicos surgen armónicos del orden de 5-7 por ser mínimos se consideran no apreciables⁷⁰ (Barragán, 2012).

3.1.5 CÁLCULO ENERGÉTICO.- Para calcular la cantidad de energía eólica debemos considerar la variabilidad del viento o el diagrama de distribución de velocidad en un año, con estas curvas se puede calcular la energía producida por una turbina eólica, si se multiplica la potencia producida por el número de horas y por la disponibilidad de la turbina

para luego sumar el resultado de estos productos (Velasco, 2009). En la actualidad existen programas de cálculo comerciales que dan directamente la energía producida (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

⁶⁹ IEC 61400-4-30: Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-30: Test and measurement techniques. Methods for measuring the quality of supply.

⁷⁰ IEC 61400-21

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DE LOS PROYECTOS EÓLICOS.

En este capítulo se trata de determinar si los precios fijados por las regulaciones y/o normativas ecuatorianas para la venta de energía no tradicional como la de generación eólica, posibilitan rentabilidad económica y son económicamente sustentables y sostenibles para estos proyectos a lo largo de su vida útil. En el Capítulo 2, se indica que la energía de las centrales eólicas en el Ecuador, tienen un precio preferencial (Ver tabla 2.4). La investigación propuesta, se efectuará a partir de datos investigados con los cuales se realizará el análisis de sensibilidad, con el objeto de determinar cuáles son los parámetros determinantes para construir y ejecutar Centrales Eólicas, siempre que garanticen a los financistas una inversión atractiva y rentable y sean viables este tipo de proyectos.

El estudio se desarrollará empleando índices financieros, tales como: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN).

4.1 ALCANCE Y METODOLOGÍA

El estudio económico o costo-beneficio (B/C), relación conocida como índice neto de rentabilidad⁷¹, es una técnica que sirve para identificar, cuantificar y evaluar los referentes económicos y determinar la conveniencia del proyecto en cuanto al valor actual en todos los costes y beneficios de dicho proyecto⁷².

⁷¹<http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>

⁷² <http://www.contabilidadyfinanzas.com/relacion-beneficio-costo-bc.html>

Según el análisis económico o el índice neto de rentabilidad, un proyecto será productivo cuando la relación B/C es mayor que la unidad; la rentabilidad de una obra se determina por los márgenes entre el precio de venta y los costos que se incurren en producir, cuyos márgenes deben solventar la inversión de la planta productiva y los costos variables. Cuando se trata de Proyectos eólicos se debe tener en cuenta los costos y beneficios sociales, es decir el flujo de los costos y beneficios que tendrá la región y su población. De ahí que para su análisis no se puede descartar ningún sector o grupo social que directa o indirectamente afecte y/o beneficie el proyecto propuesto. En cuanto a los precios de venta de energía eólica (KW/h) son regulados por las entidades eléctricas, la inquietud está en conocer la inversión y parámetros como costos de operación, mantenimiento y gestión del proyecto⁷³.

El análisis financiero, es una etapa de la administración que permite optimizar los recursos, conseguir fondos, evaluar el rendimiento de la inversión y resultados, organizar el capital trabajo, conocer el riesgo y movimiento de fondos; también ayuda a entender la marcha de la empresa y a maximizar el rendimiento de los recursos. Permite a sus autoridades la interpretación de datos, toma de resoluciones y establecer decisiones estratégicas⁷⁴.

Mediante el análisis financiero se hace información contable, es decir permite incorporar cifras en su planificación de gastos, ingresos y determinar el flujo real del dinero, mediante el empleo de

⁷³<http://www.evwind.com/2009/04/10/los-principales-parametros-economicos-de-la-energia-eolica-costes-beneficios-y-riesgos-por-alberto-cena/>

⁷⁴<http://definicion.de/analisis-financiero/#ixzz3n47ZLyz6>

indicadores o razones financieras utilizadas para evaluar la situación económica y financiera y la solvencia para asumir obligaciones y tomar decisiones⁷⁵. Paralelo a este análisis hay que evaluar su factibilidad técnica, económica, ambiental e institucional o legal que garanticen la continuidad del funcionamiento de la empresa o en nuestro caso de la Central Eólica (Escudero, 2008).

Para saber si un proyecto eólico es viable, es urgente conocer su rentabilidad, sobre todo a lo largo de los años. Dos son los parámetros financieros que nos ayudan a calcular la rentabilidad del proyecto. Son el Valor Actual Neto (VAN) y t)Tasa Interna de Retorno (TIR). Como los costos y beneficios, cambian de un año a otro, se actualizan dichas cifras con base a una tasa de descuento constante.

El VAN, es un método de valoración de inversiones que dimensiona el flujo de futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, esto permite delimitar, si después de deducir la inversión inicial, quedaría alguna ganancia⁷⁶. Ahora si el resultado del VAN es positivo significa que es rentable el proyecto⁷⁷.

$$VAN = -I + \sum \frac{Q_n}{(1+r)^N} \quad \text{Ecuación 4.2.1}$$

- I = Inversión Inicial
- Q_n = Flujo de Caja del año
- r = Tasa de interés con la que estamos comparando
- N = Nro. De años de Inversión

El TIR, es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA (Beneficio Neto Actualizado) sea igual a la inversión (VAN igual a cero)⁷⁸. Una Tasa de Descuento si es mayor o igual al coste de oportunidad del dinero, es aceptada.

$$VPN = \sum \frac{R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad \text{Ecuación 4.2.2}$$

- t = Es el tiempo de flujo de caja
- i = La tasa de descuento
- R_t = Flujo Neto de Efectivo

4.2 CONDICIONES PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO DE UN PROYECTO EÓLICO.

Para la evaluación financiera se requiere conocer los costos y beneficios, la vida útil de la obra y las normas legales que regulan los proyectos eólicos.

Este estudio se realiza teniendo como referencia las actuales normativas eléctricas en cuanto a los precios de generación de energía eólica Regulación CONELEC 001/13 y otros parámetros que son importantes analizarlos y son los siguientes:

4.2.1 COSTO DEL KW

Cabe señalar que el costo del KiloWattio (KW) instalado en una central eólica depende de algunos factores: país donde se construye, la tecnología, la diversidad geográfica y topográfica, tamaño de las máquinas; de ahí que varían en un rango

⁷⁵<http://www.gerencie.com/que-es-el-analisis-financiero.html>.

⁷⁶ <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

⁷⁷ <http://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>

⁷⁸ <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

amplio, siendo difícil establecer un costo promedio para el caso ecuatoriano, y más bien los costos dependen de los estudios que se realizan por cada caso.

4.2.2 POTENCIA INSTALADA

Una central eólica está constituida por un conjunto de máquinas, siendo el techo principal de potencia que se instale, al recurso existente. La Regulación CONELEC 001/13, para las centrales eólicas se establece un precio de energía preferencial, salvo para la energía hidroeléctrica que reconoce un límite de potencia (50MW).

4.2.3 VIDA ÚTIL DE LAS MÁQUINAS:

Normalmente, el tiempo de vida útil de un aerogenerador está entre el rango 20 – 25 años, sin estimar su repotenciación (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

4.2.4 PERÍODO DE EJECUCIÓN DE LA CENTRAL EÓLICA

La construcción de una central depende de varios elementos, pero en nuestro país los proyectos eólicos que están en el rango de 5MW – 15 MW, se construyen en aproximadamente en uno o dos años (Barragán, 2012)

4.2.5 FACTOR DE PLANTA

Se le conoce también como factor de capacidad de una central eólica, se le define como la relación entre la energía real generada en un determinado tiempo, respecto a la potencia generada por el generador en ese mismo período. Es un factor crucial para diagnosticar la viabilidad de una central, se trata de un

indicador de la cantidad de energía que puede rendir las centrales eólicas. Es necesario señalar que el factor de planta típico de los aerogeneradores en operación es de 30 a 40 % siendo superior al 25% que es aceptable y superior a 30% bueno (González, 2009); (Rodríguez, Burgos & Arnalte, 2003).

4.2.6 PRECIO DE LA ENERGÍA

Los precios fijados por la Regulación CONELEC 001/13, establecen montos preferentes a la energía eólica (Tabla 2.2). Además garantizan que estarán vigentes por un período de 15 años, a partir del registro de la licencia habilitante, para todas las empresas que hubieren registrado el documento hasta el 31 de diciembre de 2012. Cumplido el periodo de vigencia señalado las centrales de energía eólica operarán con un tratamiento similar a cualquier central de tipo convencional, de conformidad a la reglamentación vigente a esa fecha. Sin embargo, también se señala que el precio de venta de energía de estas centrales luego de concluido el período de precios preferentes, se negociará con la leyes vigentes a esa época.

4.2.7 INGRESOS POR EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)

El Protocolo de Kyoto, se constituye en una herramienta para lograr la reducción de gases de efecto invernadero. La finalidad del mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) es contribuir para que se cumpla sus compromisos cuantificados de limitación y disminución de las emisiones. En el Art. 12, menciona

que autoriza a los países y/o entidades privadas de los países desarrollados implementar proyectos de disminución de emisiones y conseguir créditos en forma de certificados de reducción de emisiones, que les permite ser contabilizados dentro de sus objetivos de reducción. Para la validación técnica del proyecto se utiliza la Metodología Consolidada para la Generación con Fuentes de Energía Renovables Conectadas a la Red (ACM0002)⁷⁹. Además, el aporte que recibirá estará determinado por la cantidad de dióxido de carbono equivalente⁸⁰ (Barragán, 2012)

4.2.8 COSTES DE EXPLOTACIÓN:

Los costes anuales de explotación pueden fluctuar entre el 2 y el 4% de la inversión inicial⁸¹. Pueden incluir impuestos, alquiler de terrenos, seguros, gastos administrativos y financieros, operación y mantenimiento, reparaciones, etc. En el caso ecuatoriano, respecto datos de Costes de Explotación es casi nula, de ahí que se recurre a diferentes datos bibliográficos.

4.2.9 COSTES ADICIONALES POR TRANSPORTE:

A los precios grabados para la venta de energía cuantificada en el punto de entrega, se agregará una retribución adicional por transporte, solamente cuando se requiera la construcción de una línea de transmisión. El pago adicional se lo hace considerando las Regulaciones de Precios para Energía no convencional por un valor de 0.06 centavos USD/KWh/Km, con un límite de 1.5 centavos USD/KWh⁸²

4.2.10 AMORTIZACIÓN

En términos contables, la amortización son rebajas de valor a los bienes de la empresa, con base a los años de uso de esa inversión⁸³.

Con el objeto de conocer la base imponible sujeta al Impuesto a la Renta, se deducen todos los gastos que se efectúen con la finalidad de obtener, mantener y mejorar los ingresos de origen nacional que no estén exentos⁸⁴. Así se fijan una serie de rebajas entre las cuales está la amortización y depreciación, la corrección monetaria, el tiempo de vida útil y las normas técnicas contables, así como las que se otorgan por obsolescencia; determinándose para maquinaria, equipo, muebles e instalaciones un 10% anual o lo que le corresponde a una depreciación de 10 años en valores constantes (Inversión/

⁷⁹ Las metodologías permiten calcular la base de referencia, entendiéndose por esta el escenario que representa las emisiones que producirían de no realizarse el proyecto, y están aprobadas por la Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático.

⁸⁰ El CO₂eq, representan la equivalencia en CO₂ de cualquier otro gas de efecto invernadero. Así una unidad de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbono (HF), perfluorocarbono (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), tiene una equivalencia de 21, 310, 740, 1300, 23900, unidades CO₂ respectivamente.

⁸¹<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema22/tema22-2.htm>

⁸²<http://www.conelec.gob.ec/normativa/PreciosRenovables4.doc>

⁸³<https://debitoor.es/glosario/definicion-amortizacion>

⁸⁴<http://www.sri.gob.ec/de/166>

10)⁸⁵. Además, El Código de la Producción a la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno, entre las reformas que introduce, determina que la amortización y depreciación que corresponda, entre otras, a la compra de máquinas y equipo destinados a la implementación de mecanismos de generación limpia (solar, eólica, etc.) y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, se deducirán con el 100%⁸⁶ adicional, siempre que exista la autorización correspondiente. También se señala que el gasto adicional no podrá superar el 5% de los ingresos totales⁸⁷.

4.2.11 IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA)

Según la Ley de Régimen Tributario Interno, Artículo 56, Numeral 4⁸⁸, señala en lo que se refiere al impuesto al Valor Agregado (IVA), se encuentran gravados con tarifa cero los pagos por servicios públicos de energía eléctrica⁸⁹. Además en el Reglamento de Aplicación de la Ley de Régimen Tributario, Capítulo VI, Artículo 177, Energía Eléctrica⁹⁰, indica que para efecto de la aplicación

comprende como servicio de energía eléctrica, algunas fases como la de generación.

4.2.12 IMPUESTO A LA RENTA

De acuerdo al Código Orgánico de la Producción, Título III, Capítulo 1, relativo a las Normas Generales sobre Incentivos y Estímulos de Desarrollo Económico, Art. 24, numeral 2, se establece que a los sectores que contribuyan al cambio de la Matriz Energética, se reconocerá la exoneración total del Impuesto a la Renta por 5 años a las inversiones nuevas que se desarrollen en estos sectores, contados desde el primer año en el que se generen ingresos atribuibles directa y únicamente en lo correspondiente a la nueva inversión. Su aplicación se realizará en inversiones nuevas y productivas que se encuentren fuera de las jurisdicciones urbanas del cantón Quito o del cantón Guayaquil y dentro de sectores económicos prioritarios en los cuáles se incluye a las energías renovables⁹¹.

Según la Ley de Régimen Tributario Interno, Artículo 9, Exenciones, numeral 2, señala que para fines de determinación y liquidación del Impuesto a la renta, están exonerados los ingresos de las instituciones públicas al pago del IVA. Mientras que para las Sociedades⁹², señalan que deben pagar por concepto de

⁸⁵ Reglamento para la Aplicación de la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno. Decreto Nro. 1051, Registro Oficial Suplementario 337 de 15 de Mayo de 2008, ARTICULO 25.

⁸⁶ <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec051es.pdf>

⁸⁷ <http://www.sri.gob.ec/de/166>

⁸⁸ Registro Oficial 242, Suplemento de 29 de Diciembre de 2011

⁸⁹ El Impuesto al valor agregado (IVA) grava el valor de la transferencia de dominio o a la importación de bienes muebles de naturaleza corporal, en todas sus etapas de comercialización, así como al valor de los servicios prestados, en la forma y condiciones que regule las normas vigentes.

⁹⁰ Decreto Ejecutivo 1051, Registro Oficial Nro.377, Suplemento, de 15 de Mayo de 2008.

⁹¹ <http://descargas.sri.gov.ec/download/pdf/regtribint.pdf>

⁹² Las sociedades son personas jurídicas que realizan actividades económicas lícitas amparadas en una figura legal propia. Estas se dividen en privadas y públicas, de acuerdo al documento de creación. www.sri.gob.ec

Impuesto a la Renta el valor de 22 % sobre la base imponible (año 2013).

4.2.13 TASA DE INTERÉS:

Tasa de Interés es el precio del dinero (porcentaje), por el cual se debe cancelar o recaudar por invertir un capital en un tiempo determinado⁹³; para el análisis financiero se utilizará la tasa de interés para determinar los pagos que se efectuarán anualmente en un período de 10 años a la entidad crediticia que financie la central eólica⁹⁴. Cuando se hace un préstamo, se considera la tasa de interés activa, más un porcentaje adicional afectada por el índice inflacionario; por esta razón se emplea la tasa de interés real⁹⁵. Está definida por la siguiente ecuación⁹⁶:

$$R = \frac{(1 + N)}{(1 + i)} - 1 \quad \text{Ecuación 4.3.13}$$

En donde:

R = Es la tasa de interés Real

N = Es la tasa de Interés Nominal

i = Es la Inflación

Para Proyectos Eólicos no es recomendable utilizar las tasas de interés que dan los Bancos Privados Nacionales, que oscilan entre 8.17 % al 9.33 %⁹⁷, pues son más altas si se compara con los que ofrecen organismos internacionales de crédito. Tenemos por ejemplo BID

(Banco Interamericano de Desarrollo), otorga préstamos a tasas de interés del 5.5 %⁹⁸.

4.2.14 TASA DE DESCUENTO

La Superintendencia de Compañías del Ecuador, la define a la tasa de descuento como el tipo de interés que se emplea para deducir el valor actual de los flujos de caja que se obtendrán en el futuro. Cuanto mayor es la tasa de descuento, menor es el valor actual neto⁹⁹.

La tasa de descuento se calcula en función del costo promedio ponderado de capital (WACC, Weighted Average Cost of Capital), que es la tasa de descuento que debe utilizarse para descontar los flujos de fondos operativos para valorar una empresa utilizando el descuento de flujos de fondos, en el Enterprise approach¹⁰⁰.

Se parte de la siguiente Ecuación:

$$WACC = w_d K_d (1-T) + w_p K_p + w_a K_a$$

Ecuación 4.3.14

En donde:

W_d = Deudas de Terceros/Total de financiamiento,

K_d = Costo de la Deuda

T = Tasa de descuento

$W_p K_p$ = Capital propio/Total de Financiamiento

$W_a K_a$ = Costo de Capital Propio

⁹³<http://es.scribd.com/doc/56501945/Tasas-de-interes>

⁹⁴http://www.ucema.edu.ar/u/gl24/Slides/Seminario_Cema_25-9-03.pdf.

⁹⁵<http://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.RIN.R>

⁹⁶<http://www.visiondeinversion.com/?p=936>

⁹⁷ (Banco Central Ecuador, 2014,

<http://www.bce.fin.ec/index.php/tablaprueba>)

⁹⁸ Las tasas de interés del BID, se basa en la Tasa de Interés basada en Libor (London Interbank Offered Rate). Libor es el tipo de interés promedio diario en el mercado interbancario de Londres.

⁹⁹ Regulación Nro. CONELEC 003/11.

¹⁰⁰http://www.academia.edu/7225234/COSTO_DE_CAPITAL_PROMEDIO_PONDERADO2

4.2.15 APALANCAMIENTO

Es el uso de endeudamiento para financiar un proyecto [$\text{Deuda Financiera Neta} / (\text{Patrimonio Neto} + \text{Deuda Financiera Neta})$]; es primordial conocer y saber conducir los parámetros financieros, porque son parte de los elementos que pueden emplearse con éxito en la planificación financiera. Las varias formas de apalancamiento, son instrumentos que pueden contribuir a maximizar la eficiencia de la empresa. Su uso debe ser muy bien analizado.

CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO DEL PROYECTO EÓLICO MEMBRILLO-DUCAL.

Con este trabajo se trata de investigar cuáles son los factores determinantes para coadyuvar el desarrollo del potencial de energías renovables en el Ecuador, para ello se analizaron parámetros como las condiciones técnicas, económicas y financieras locales. Y para que la tecnología eólica, sea parte de la Matriz Energética Nacional, es primordial conjugar paradigmas de la seguridad energética, la conservación ambiental y la sostenibilidad económica de estos proyectos. Para Barragán (2012) en nuestro País, las proyecciones señalan que a finales de la presente década, el 90% de la potencia instalada para generación eléctrica, se originará de la energía hidroeléctrica. A pesar de esta situación, se hace necesario difundir a nivel nacional la investigación y construcción de proyectos eólicos, que nos brindan energía limpia. Si se analiza los parámetros que favorecen la construcción de centrales eólicas, se puede concluir que las hidroeléctricas necesitan de gran inversión y el tiempo de construcción es largo, anotando también otros factores determinantes como los períodos de estiaje, la sedimentación que afecta al lecho de los ríos causando erosión en los suelos afectando al ecosistema del lugar; el gasto por mantenimiento de las máquinas es costoso, el dragado del material de sedimento es permanente. Por Ejemplo en la Central de Paute donde continuamente realizan este tipo de trabajos. Además, las hidroeléctricas son construidas en lugares lejanos a zonas

pobladas debiéndose llevar la electricidad producida a través de largas y costosas redes de transmisión.

Cabe indicar que los parques eólicos son factibles de desarmar y reutilizar el terreno. Contribuyen a frenar el cambio climático.

Para el análisis se trata de identificar los parques eólicos existentes en el Ecuador; pero lo que sí está claro es que la experiencia en el país de este tipo de tecnología es escasa. A continuación se indican los datos y las fuentes bibliográficas, tratando de que se ajusten a ser lo más reales posibles, de los parques eólicos proyectados en el Ecuador. La tabla 22 (ver anexo 27) se indica los Parques Eólicos proyectados en el Ecuador

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EÓLICO MEMBRILLO-DUCAL.

Para la evaluación financiera y análisis de sensibilidad, se ha tomado como referencia el Estudio del Proyecto Eólico Membrillo-Ducal realizado por ENERSUR¹⁰¹ E.P., que está ubicado en la Provincia de Loja, a objeto de determinar los costos y beneficios, así como también los factores fundamentales que inciden en el diseño y planificación de nuevos proyectos. Además, se trata de analizar la normativa en que se basa las políticas en cuanto a energía renovable que permitan sensibilizar a los representantes ante la Asamblea Nacional para que se logre impulsar la generación eólica, tratando de asegurar la recuperación del capital y el interés de parte de los inversionistas

¹⁰¹ Empresa Regional de Energía Renovable y Desarrollo Humano.- Empresa Pública del Consejo Provincial de Loja

nacionales y extranjeros La provincia de Loja posee un gran potencial de energías renovables como la eólica, ha sido cualificada como el sector en el que existe el mayor promedio de velocidad del viento por los organismos rectores de la Energía del Ecuador .

En la actualidad se ha construido el Proyecto Eólico Villonaco, proyecto emblemático del gobierno, y el único en el mundo construido a una altura de 2.720 metros sobre el nivel del mar, con 16.3 MW, existiendo más sitios para instalar otras centrales eólicas como: en Ventanas, Membrillo, Ducal, Santiago y las Chinchas, con la oportunidad de producir aproximadamente 200 MW de potencia nominal, con un factor de planta del 50%, garantizándose un TIR (Tasa Interna de Retorno) mayor que uno, es decir rentable y beneficioso para la región (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

En la figura 19 se demuestran las velocidades del viento en el emplazamiento del proyecto situado en la ciudad de Loja.

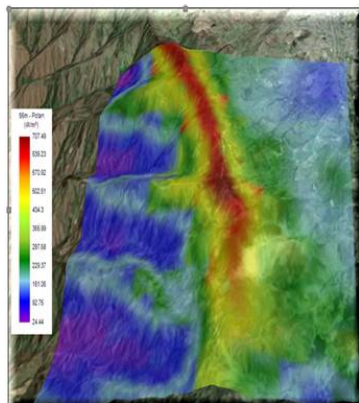


Figura 19. Velocidades del viento en el emplazamiento
Fuente: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable (Sin Fecha)

Según los estudios de ENERSUR (Sin Fecha) lo que respecta al Proyecto Membrillo-Ducal, que está ubicado en la Provincia de Loja, entre la jurisdicción

política de los Cantones de Loja y Catamayo. El sector óptimo escogido para implementar el parque eólico Membrillo-Ducal, se encuentra en la parte Sur Occidental, a cinco kilómetros de la ciudad de Loja, donde la velocidad media anual del viento es de 9.7-11 m/s, avalando la teoría que la energía que se produciría es proporcional al cubo de la velocidad media del viento del lugar en cuestión. La construcción se realizará a lo largo de la línea de cumbre, entre sus puntos más altos, de los cerros Membrillo y Ducal. Según estos parámetros junto con las velocidades medias del viento hace creer en la instalación de aerogeneradores entre 1200 y 2500 KW de clase I o especial que generen entre 30 a 50 MW. El proyecto se enmarca dentro del marco jurídico del Estado y es compatible con las políticas, planes y programas establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir.

El crecimiento económico ha determinado que la demanda de energía, tenga que ajustarse con las necesidades de energía tanto del aparato productivo como del público en general, de ahí que el Proyecto es compatible con los planes y estrategias para suministrar el servicio de energía local y nacional. En cuanto a la titularidad de los terrenos, los mismos pertenecen al Estado, además, se cuenta con un Plan de desarrollo comunitario esperándose un desarrollo económico antes, durante y después del arranque del parque eólico. Los permisos y aprobaciones estatales para el desarrollo del proyecto se encuentran en trámite. En la siguiente Tabla 23 se expone el avance de licencias y permisos (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 23 Datos de avance licencias y permisos

DATOS DEL ESTADO DE AVANCE LICENCIAS Y PERMISO	
Licencias y permiso	% Cumplimiento
Certificado de permiso de conexión	80%
Certificado permiso de Concesión CONELEC	80
Estudio de Interconexión al SIN	100%
Permisos Ambientales	Etapa Aprobada
Uso de tierras	% Cumplimiento
Uso de tierra	100%
Indemnizaciones propietarios	100%

Fuente: ENERSUR E.P.

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.1 SENSIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

La Central Eólica Membrillo-Ducal, es un Proyecto a gran escala, instalará 29 aerogeneradores marca Goldwind (GW70/S1500), con una potencia nominal de 1.5 MW de capacidad cada uno. Los aerogeneradores alcanzan una potencia nominal de 11.8 m/s y se le conocen por su alto rendimiento en diferentes situaciones climáticas, particularmente en lugares como el cerro membrillo; la idea del diseño de la tecnología de transmisión directa del imán permanente del modelo GW, es alcanzar mayor eficiencia con un mantenimiento mínimo. Para mayor conocimiento, a continuación se presentan las especificaciones del Proyecto donde se detallan en los siguientes datos (ENERSUR E.P., Sin Fecha):

- Velocidad promedio el viento: 9.47 m/s a altura de buje
- Altitud: 2.800 m sobre el nivel del mar.
- Número de Aerogeneradores: 29
- Potencia por Aerogenerador: 1,5MW

- Potencia eléctrica instalada: 43.5 MW
- Producción neta anual del parque: 152.812.051 KW/h al año
- Equivale al consumo doméstico de aproximadamente más de 400.000 personas

En la Tabla 24, se escribe el Escenario Principal del cual se realizarán las proyecciones tanto económicas como financieras del Proyecto Membrillo-Ducal

Tabla 24 Contexto para las Proyecciones Financieras

PROYECTO EOLICO MENBRILLO	
ESCENARIO INICIAL	
Precio de la Venta de Energía (centavos de dólar) de acuerdo a regulación 001/13 CONELEC (precio actualizado)	\$ 0,1174
Moneda en que se va a operar	Dólar de los Estados Unidos de América
Número de Aerogeneradores	29
Potencia por Aerogenerador en MW* (ver tabla 5.3.2)	1,5
Potencia Instalada del parque en MW	43,5
Producción de Energía Neta Anual en MW/h	167.741,66 ¹⁰²
Toneladas de CO2 EQUIVALENTES que se dejaran de emitir al año.	697.969,04

Fuente: ENERSUR E.P.- Mattio, H. Valoración estudio eólico.

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Las especificaciones técnicas del aerogenerador se describen en la Tabla 25 (ver anexo 28)

De los Resultados de la Tabla 23 del estudio y la evaluación a los recursos eólicos, se tabulan en la tabla 26 como soporte de proyecciones financieras de la oferta de energía:

¹⁰² Resultados del estudio valoración del recurso eólico. Estudio de pre-factibilidad técnica, Mattio, H.

Datos principales para el modelo IMATPARK:

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Tabla 265. Resultados de las Proyecciones de la Central Eólica Membrillo – Ducal

Cálculo	29 TURBINAS GW70 DE 1500KW
Cuenta	29 aerogeneradores
Potencia nominal	43.5 MW
Vel. media viento	9.47 m/s a altura de buje
Sensibilidad	1.6 % AEP %
Vida útil prevista	20 Años

Fuente: ENERSUR/EP

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Como resultado del Estudio de la Valoración del Recurso Eólico en la Provincia de Loja realizado por Matío H. (Sin Fecha), según las proyecciones efectuadas, llega a determinar que se obtendría una Producción Bruta de Energía Neta Anual de 167.741 MWh, considerando la ubicación de 29 aerogeneradores de 1500 kw de potencia instalada. Además se calcula la Producción Neta Anual, considerando pérdidas debido a desequilibrios debido a la variación del viento, al rendimiento de turbinas, etc. datos que se reflejan en la Tabla 27:

Tabla 27. Producción de Energía Neta

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	MW	KW/h
	(potencia instalada)	
PRODUCCIÓN BRUTA ANUAL DEL PARQUE (resultado de análisis de velocidad de viento en el sector).	43,5 MW	167.741.000
Pérdidas debido a la disponibilidad % AEP	5,50%	9.225.755
Pérdidas debidas al rendimiento de las turbinas % AEP	1,5%	2.516.115
Pérdidas ambientales % AEP	0,40%	670.964
Pérdidas eléctricas resp. AEP neta	1,50%	2.516.115
Pérdidas totales % AEP	8,90%	14.928.949
PRODUCCIÓN DE ENERGIA NETA ANUAL DEL PARQUE KWh/año		152.812.051

En conclusión, la Central Eólica Membrillo-Ducal de acuerdo a los estudios tendrá una generación de energía neta de 152.812.051 KWh/anales, valor que se va a utilizar para las proyecciones financieras y cálculos de indicadores correspondientes (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2 ANÁLISIS FINANCIERO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO

A continuación se presentará la situación financiera del proyecto, en el que se va a mostrar en forma clara y detallada el valor de las propiedades (bienes y derechos) que forman el Activo, y obligaciones y deudas que forman el Pasivo, así también como el capital, en una fecha determinada (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.1 INVERSIONES EN ACTIVOS

La cuenta de Activo, está clasificada en tres subcuentas como son activos fijos, activos diferidos y el capital de trabajo, que se detallan en la Tabla 28 cuyos datos se desglosan en forma general (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 28. Total Inversión Parque Eólico

TOTAL INVERSIÓN PARQUE EÓLICO		
ACTIVOS FIJOS	\$ 83.869.619,38	96%
ACTIVOS DIFERIDOS	\$ 1.231.450,00	1%
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 2.280.500,34	3%
TOTAL	\$ 87.381.569,72	100%

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.2.2 INVERSIONES EN PASIVOS

Se basa en obtener un crédito directo para el desarrollo del proyecto, con el objeto de financiar el 30 % con aportación Pública Nacional y la diferencia el 70 % de la inversión, financiarlo con un endeudamiento a una tasa del 7 % anual a 10 años plazo. Además, según el presente estudio en el que se alternan variables de equity y créditos directos, se trata de observar la elasticidad del precio sobre el financiamiento. Tabla 29 (ver anexo 29) (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.3 VENTAS

Las proyecciones de venta se basarán en el precio final de kilovatio hora de \$ 0,1174 centavos de dólar y se calcularán multiplicando el valor antes indicado por la energía neta generada anualmente (152.812.051 kwh/año). Tomaremos en cuenta también el valor de venta de los certificados de carbono. Tabla 30 (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 30. Proyección de Ingresos por Ventas

PROYECCION DE INGRESOS POR VENTAS			
DETALLE	Cantidad	Precio por kw/hora	Ingreso por venta de energía
KW h/ por año	152.812.051,00	\$ 0,1174	\$ 17.940.134,79
	Ton x año	Precio x ton	Ingreso Neto por venta de CER's
Venta de certificados de carbono x año	96271,59	13,2	\$ 1.092.875,11

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.2.4 CAPITAL

Se parte del supuesto que el Estado aportaría con el 30 % de Capital, y el 70 % restante a través de financiamiento internacional (En el punto de análisis de sensibilidad se realizarán otros escenarios

en lo referente a inversión y capitalización de socios). El apalancamiento financiero planteado se proyecta con una tasa del 7 % anual, a 10 años plazo, que incluye 1 año de gracia y de acuerdo a las proyecciones financieras se pagarían los intereses del crédito durante el período de construcción tabla 31 (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 31. Financiamiento para el Parque Eólico

FINANCIAMIENTO	APORTE	%
ESTADO	\$ 26.214.470,92	30.00%
Financiamiento	\$ 61.167.098,80	70.00%
TOTAL	\$ 87.381.569,72	100%

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.2.5 COSTO PONDERADO DE CAPITAL

El Costo Ponderado de Capital, se calculará considerando el capital propio y su porcentaje de aportación, más el aporte del préstamo y se considera el costo de oportunidad que se debe conseguir con el objeto de obtener la tasa mínima razonable de rendimiento, la misma que se comparará con la tasa interna de retorno con las finalidad de medir la rentabilidad y futuras inversiones (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 32. Costo Ponderado para el Parque Eólico

FINANCIAMIENTO	APORTE (\$)	%	COSTO DE CAPITAL	COSTO PONDERADO
ENERSUR EP	26.214.470,92	30.00%	7,0%	2.10%
Financiamiento	61.167.098,80	70.00%	7,0%	4.90%
TOTAL	87.381.569,72	100%		7.00%

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.2.6 UTILIDADES

De las utilidades que surjan del proyecto, se establecerá el porcentaje destinado al presupuesto de inversión y capitalización que le permita cumplir con su Plan

Estratégico y Planes Operativos y garantizar su vigencia. Además no se consideró el 25 % de impuesto a la renta así como el 15 % de participación laboral (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.7 IMPUESTOS

Como es una empresa del estado no se paga impuesto a la renta, de ahí que el flujo de efectivo proyectado tendrá un incremento del 25 % a la hora de generación de utilidades (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.8 COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de mantenimiento y operación más fondos para las reparaciones mayores y pagos por transmisión de energía a la red nacional se proyectaron considerando un 10% por concepto de venta de energía; este porcentaje se usa como estándar a nivel nacional e internacional en lo referente a proyectos de energía eólica, porcentaje que luego de realizarse los estudios de factibilidad sumaron un valor de \$ 1.090.324, valor que no se ha tomado en cuenta las depreciaciones (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.9 VIDA ÚTIL Y DEPRECIACIÓN

Cumpliendo lo planificado en cuanto al mantenimiento y reposición específica, el proyecto tendrá una vida útil de 25 años. Para efecto de impuestos, el promedio de vida útil de los activos, se depreció a 30 años la construcción de la obra civil y a 20 años el equipamiento electromecánico (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.10 INDICADORES FINANCIEROS

Para efectuar el análisis financiero se han aplicado indicadores financieros como el VAN, TIR y el PRI con el objeto de disminuir el riesgo al tomar decisiones de inversión. Cuando se toman decisiones de inversión a largo plazo es necesario que se consideren parámetros como tiempo, dinero rentabilidad y riesgo (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.11 FLUJO DE CAJA PROYECTADOS

El objetivo principal es distinguir, por período, el rendimiento neto de ingresos de dinero, de ahí que para nuestro estudio se procede a hacer las proyecciones financieras desde el año 2015 (año base) hasta el año 2034, es decir la vida útil del proyecto es para 20 años considerando estándares internacionales. Para determinar los flujos de caja desde el año en que se empieza la construcción de la central eólica, el estado de Flujo de Caja presenta la siguiente valoración anual (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

PROYECCIONES DE LAS VENTAS Y DEL ESTADO DE FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO EÓLICO MEMBRILLO (ver anexos: 30, 31 y 32)

5.1.2.12 PARÁMETROS FINANCIEROS PARA ANALIZAR LA SENSIBILIDAD DEL PROYECTO

Para efecto del análisis financiero de la Central Eólica Membrillo-Ducal, se empleará los métodos de evaluación de largo plazo; son métodos matemáticos

financieros que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, y que ayudan a que se confronten valores similares al someter los flujos netos de caja a un proceso de descuento, posicionándoles a todos en el mismo punto de origen que la inversión.

La tasa de descuento utilizada en un flujo financiero, sirve para poner los flujos de caja al valor actual, denominándose a esta función Costo Promedio Ponderado de Capital y se refiere a la tasa mínima que tendría que rendir un proyecto para que pueda efectuarse, sin que se deprecie su valor en el mercado y siempre que se consideren los costos ponderados de las fuentes de financiamiento necesarios (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Los resultados financieros son los siguientes:

Tabla 36. Resultados financieros

TIR	12,49%
VAN TASA	\$ 49.170.047,33
PRR	11 años

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

5.1.2.12.1 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento que permite que el Beneficio Neto Actualizado (BNA) sea igual a la inversión (VAN igual o mayor a cero). En el caso del Proyecto Eólico Membrillo Ducal, la tasa interna de retorno es de 12.49 %, significa que los flujos de caja superan la tasa mínima satisfactoria de rendimiento (7 %), es decir, que la tasa de descuento (r) es mayor al costo de oportunidad del dinero. Con esta técnica se comprueba la rentabilidad de la empresa (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.12.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Valor Actual Neto mide el movimiento de los futuros ingresos y egresos que contará la empresa, para saber si genera ganancia o pérdida. Es la fórmula más utilizada para valorar las decisiones de inversión. En el caso del Proyecto Eólico Membrillo Ducal, el Valor Actual Neto de los flujos de caja a una tasa del 7% nos da un valor positivo de \$ 49.170.047,33 millones de dólares. Con este método se comprueba que el proyecto es viable (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.12.3 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

De acuerdo a las proyecciones de los flujos de caja en los primeros 11 años de operación del Proyecto Membrillo Ducal, nos da un acumulado de \$ 107.077.159,69 de los cuales cubre el valor de intereses más las cuotas de capital del préstamo solicitado (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

5.1.2.13 ESTUDIO DE SENSIBILIDAD COMPARATIVO CON EL PROYECTO BASE: CIERRE FINANCIERO CON APALANCAMIENTO DEL 90% DEL CAPITAL Y 12 CENTAVOS KWH.

Se realizará un cierre financiero del Proyecto Membrillo Ducal con un apalancamiento del 90% del total del proyecto, que a pesar del alto porcentaje de financiamiento, los flujos de caja superan la tasa mínima satisfactoria de rendimiento (8%), de ahí que los indicadores financieros aún soportan las tasas de intereses, siempre que el precio

de la energía eólica sea de \$ 12 centavos de dólar por kw/hora. Los resultados de las proyecciones financieras son las señaladas a continuación (ENERSUR E.P., Sin Fecha).

Tabla 37. Cierre financiero

TIR	10.62%
VAN TASA	\$ 22,818,628.90
PRR	10 años

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La energía hidroeléctrica es el gran potencial que tiene el Ecuador, de ahí que se están construyendo grandes centrales hidroeléctricas que entrarán en funcionamiento a mediano plazo, sin embargo tienen como desventaja los altos costos, mayor tiempo de construcción y épocas de estiaje que disminuyen el nivel hídrico, afectando la generación eléctrica y mercado de oferta y demanda energética nacional.

En esta década, el Ecuador ha incorporado tecnologías renovables no convencionales, como la energía de la biomasa proveniente de los ingenios azucareros, la fotovoltaica de la energía solar, la eólica del viento; siendo la energía eólica una energía limpia, no necesita de una combustión que elabore CO₂, disminuye la dependencia de combustibles fósiles, no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes, no ocasiona contaminación al suelo, al agua y aire y es mas económica que la energía que produce las centrales termoeléctricas en el país. Su vida útil es de 20 a 25 años que le permite competir con otras fuentes energéticas.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), articulado en el Protocolo de Kioto, propone mejorar el medio ambiente disminuyendo la emisión de Monóxido de Carbono (CO₂) y evitar el

calentamiento global de la tierra, presentando alternativas para financiar diferentes proyectos, en particular los de generación eléctrica; estableciéndose la oportunidad de implementar proyectos de generación eléctrica con nuevas tecnologías. En el Ecuador, considerando dichas expectativas, se establece en el Plan Maestro de Electrificación, la necesidad de “Mitigar el cambio climático, fomentando el desarrollo de proyectos eléctricos con tecnologías alternativas no contaminantes, apalancadas en el MDL”.

El Ecuador tiene gran potencial eólico, distinguiéndose la Provincia de Loja como sector óptimo para implementar centrales eólicas, por cuanto dispone de un elevado potencial eólico y buen acceso, la velocidad media anual del viento, con un porcentaje de sensibilidad de 1.6 % AEP/% de Velocidad Media del Viento, que se debe al efecto montana-valle que producen estas corrientes de aire.

El factor de planta en las centrales eólicas está por el orden del 30% a nivel mundial, en la Provincia de Loja, el factor planta de acuerdo a los promedios anuales registrados esta en 41,6 %.

En el Proyecto realizado se ha investigado los parámetros técnicos y financieros para la puesta en marcha de parques eólicos en el entorno ecuatoriano y su incorporación en el SNI, fundamentándose en tecnologías existentes, así como también en el análisis económico- financiero, con el objeto de determinar costos, beneficios y

rentabilidad, a efecto de abrir posibilidades para atraer la inversión en este tipo de proyectos.

Los proyectos eólicos generan un bajo impacto ambiental, no ocasiona un alto porcentaje de muerte de aves y murciélagos, si comparamos con las que ocasiona las líneas de corriente eléctrica; los decibeles de ruido son normales para las personas, los aerogeneradores no están ubicados cerca de zonas urbanas y el área que se necesita para la construcción de las centrales eólicas es mínima.

Por otra parte, en cuanto al impacto social, la puesta en marcha de proyectos eólicos, se ve reflejada en la diversificación e incremento del trabajo laboral. Además, beneficia a la industria del turismo del País, permitiendo desarrollar diferentes negocios, empleos y riqueza para la Región.

RECOMENDACIONES:

Se debe incentivar la ejecución de proyectos de energía renovables como centrales eólicas, que aprovechan el viento una fuente de energía inagotable, de libre acceso, gratuita, los costos de mantenimiento son bajos, no produce emisiones contaminantes, ni calentamiento global de la atmósfera y reducen los gases de efecto invernadero, que beneficia a la atmósfera, el agua, el suelo, la vegetación, la fauna; de ahí que el Estado Ecuatoriano a través del Ministerio de Energía debe dar celeridad para apoyar e impulsar este tipo de

empresas de generación eléctrica rentables que generan ingresos a la provincia y al país.

El Gobierno Nacional debe incluir como Política de Estado una estructura de costos y tarifas que incentive al sector productivo para que inviertan en proyectos eólicos, que son las que menor impacto tienen sobre el medio ambiente y la sociedad, y así poder alcanzar el cambio de Matriz Energética, desconcentrando funciones y plantear nuevas formas de gestión dentro del marco constitucional. Esta situación requiere que se establezcan nuevas normativas legales, reglamentarias, fiscales, financieras, ambientales, operacionales, tarifarias, institucionales y estratégicas para que se desarrollen y sean rentables los proyectos eólicos.

Dado los graves cambios climatológicos que se dan a nivel mundial, siendo el sector energético responsable de dicha situación, el Ministerio de Energía debe establecer políticas claras con respecto a la seguridad energética y conservación del medio ambiente frente a las grandes empresas que generan potencial energético; y tomar medidas urgentes para difundir en forma masiva tecnologías de generación eléctrica limpias como la tecnología eólica, que evitan el calentamiento global de la atmósfera y reducen los gases de efecto invernadero.

Fomentar el desarrollo de redes de investigación y cooperación internacional sobre las tecnologías energéticas limpias, con el objeto de abaratar los costos de

fabricación y diseño de algunos componentes de subsistemas de generación eólica y desarrollar nuevos paradigmas más económicos y confiables.

Se espera que exista voluntad política y se aproveche el potencial energético que posee la Provincia de Loja (mayor promedio de velocidad del viento), construyéndose centrales eólicas como por ejemplo en el Ducal-Membrillo, Huarapamba, Huacacocha y Cachipamba, cuyos estudios realizó el Consejo Provincial de Loja y que permiten generar aproximadamente 437,00 GWh/año, que beneficiarían a más de un millón de habitantes, que le permitiría a la región tener un desarrollo sustentable y generar un ahorro por la compra de combustible que se utiliza en las centrales termoeléctricas.

Dar apertura a la participación privada nacional e internacional mejorando la rentabilidad de los proyectos eólicos a través de incentivos tarifarios como por ejemplo mejorando los precios de la energía eólica.

Los parámetros claves que afectan los costos de las centrales eólicas están en los costos de los aerogeneradores, cimentaciones y conexión e instalación, de ahí que se podría fabricar a nivel nacional las torres donde se instalan las turbinas de los aerogeneradores, reduciendo hasta un 20 % del costo total de la inversión.

Se debe especializar al personal técnico nacional en cuanto a tecnologías limpias

(eólica) a efecto de sustituir el personal de consultores extranjeros por personal técnico nacional y reducir los costos de inversión.

Para el financiamiento de los proyectos eólicos, el estado ecuatoriano debe otorgar el aval soberano de comprometimiento de pago de deuda y sobre todo garantizar el pago de la energía vendida.

Los Ministerios deben romper las barreras burocráticas que obstaculizan y demoran los trámites correspondientes como por ejemplo concesiones, licencias, permisos, documentos necesarios para operar y construir centrales eólicas.

Se debe acudir a los organismos internacionales con el objeto de negociar el incremento de los precios de los certificados de carbono.

Se debe aprovechar el factor costanero que tiene el país y construir centrales eólicas en el mar, pues el viento es más fuerte y constante, además el impacto social es menor aunque los costos de instalación y mantenimiento son mayores.

BIBLIOGRAFÍA

Aguayo L. (2012), *Propuesta de optimización estructural de torre eólica metálica sometida a cargas estáticas*. Máster en ingeniería estructural y de la construcción. Catalunya, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

Avia F. (2001). *Estado de desarrollo tecnológico del aprovechamiento de la energía eólica*. CIEMAT. Madrid, España: McGraw-Hill Profesional.

Ávila D., Alesanco R., García F. (2010). *Coste del kWh eólico generado en Cuba, a partir de datos de viento de una región de buenos potenciales eólicos*, Dpto. de Ingeniería Marítima. Universidad de La Laguna. Tenerife, España. Tomado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442010000300006

Barragán A. (2012), *Análisis, Especificación Y Desarrollo De Procedimientos De Operación Para La Gestión De La Energía Eólica En El Ecuador*, Tesis de Postgrado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

CAMMESA (Sin Fecha), *Conceptos básicos sobre la Inserción de la Generación Eólica en un Sistema Eléctrico de Potencia*. Buenos Aires, Argentina. Tomado de: <http://portalweb.cammesa.com/Pages/Institucional/defaultinstitucional.aspx>

Ceña A. (2009). *Los principales parámetros económicos de la energía eólica: costes, beneficios y riesgos*. Tomado de: <http://www.evwind.com/2009/04/10/los-principales-parametros-economicos-de-la-energia-eolica-costes-beneficios-y-riesgos-por-alberto-cena/>

CO₂ Euskadi, *Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Tomado de:

http://www.stopco2euskadi.net/documentos/Protocolo_Kyoto.pdf

Consejo Nacional de Electricidad (2000), *Regulación 006/00: Procedimientos de despacho y operación*, Quito. Ecuador.

Consejo Nacional de Electricidad (2011), *Regulación 003/11: Determinación de la metodología para el cálculo del plazo y de los precios referenciales de los proyectos de generación y autogeneración*, Quito. Ecuador.

Consejo Nacional de Electricidad (2012), *Regulación 004/02: Transacciones de Potencia Reactiva en el MEM*, Quito. Ecuador.

Consejo Nacional de Electricidad (2011), *Regulación 001/13: Participación de los generadores de energía eléctrica producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales de 2013*, Quito. Ecuador.

Consejo Nacional de Electricidad (2011), *Regulación 004/11: Regulación Codificada No. CONELEC 001/13, sustituye a la Regulación No. CONELEC - 001/13, de 2011*, Quito. Ecuador.

Consejo Mundial de la Energía (2014), *La red de líderes del sector energético que promueve el suministro y uso sostenible de la energía en beneficio de todos*. Tomado de: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf

Creus A. (2008). *Aereogeneradores*. A Coruña, España: Ediciones Ceysa.

Criollo R. (2010). *Estudio para el pago de potencia a centrales de generación eólica: perspectivas de aplicación al sistema nacional interconectado*. Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Cuevas J. (Sin Fecha), *Introducción a la Geología (Biológicas)*, Universidad

Autónoma de Madrid, Madrid, España.

Tomado de:

www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jaimefa/jaimecuevas/clase8.pdf

ENERSUR E.P. (Sin Fecha), *Proyecto de Energía Eólica. Ducal Wind Farm*. Resumen Ejecutivo. Loja, Ecuador.

Escudero J. (2008). *Manual de energía eólica* (Segunda ed.). Madrid, España: Editorial MundiPrensa.

Espinoza J., León J (2012). *Regulación para incentivar las energías renovables en Ecuador*, Tesis de Postgrado, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Gallegos M. (2012), *Análisis Mercado De Carbono En El Ecuador*. Observatorio de la Economía Latinoamericana.

Gómez. E, (2010). *Tecnología de la energía eólica: Historia y evolución*. Apuntes del Máster en energías renovables, Universidad de León. León, España.

González J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Harper E. (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica* (Primera ed). México D.F., México: Editorial Limusa.

Registro Oficial Suplemento 43, Ley de Régimen Del Sector Eléctrico Cap. 1. República del Ecuador. Quito, Ecuador.

Registro Oficial Suplemento 43, Ley de Régimen Del Sector Eléctrico, Cap. 2. República del Ecuador. Quito, Ecuador.

Mattio, H. (Sin Fecha), *Estudio de la Valoración del Recurso Eólico en la Provincia de Loja*. Loja, Ecuador.

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (2013), *Avanzamos en el cambio*

de la Matriz Energética, Revista Sectores Estratégicos para el Buen Vivir 13, Quito, Ecuador.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2007), *Proyecto ERGAL, Energía Renovable para Galápagos, Parque Eólico: Santa Cruz-Baltra, Factibilidad Técnica y Alternativas*, Quito, Ecuador.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2008), *Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020*, Quito, Ecuador.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2008), *Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020*, Quito, Ecuador.

Moreno Figueredo, C. (Sin Fecha), *Componentes de una turbina eólica de eje horizontal*, Cuba. Tomado de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia36/HTML/articulo03.htm>

Muñoz J. (2013), *La Matriz Energética Ecuatoriana*, Universidad Nacional De Loja, Loja, Ecuador.

Muñoz J. (2014), *Nuevo Modelo Eléctrico Ecuatoriano*, Universidad Nacional De Loja, Loja, Ecuador.

Noboa E. (2011), *Segundo encuentro técnico del observatorio de energía renovable para América Latina y el Caribe*, Simposio Internacional, Organización Latinoamericana de Energía.

Oñate F. (2014), *Mecanismos para la promoción de energías renovables no convencionales para la producción de energía eléctrica en el Ecuador*. Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional Quito, Ecuador.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013), *Plan Nacional del Buen Vivir (2013)*, Primera Edición. Quito, Ecuador.

Prando (2013), *Curso Matriz Energética y Energía Sostenible en la Industria de Procesos, Tecnología y Servicios Industriales*, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Recalde (2013), *Rol de la energía renovable dentro del plan político hacia el cambio de la matriz energética del Ecuador*, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Quito, Ecuador.

Rodríguez, Burgos & Arnalte (2003). *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*. Madrid, España: Editorial Rueda.

Rosero & Chiliquina (2011), *Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe, Caso Ecuador*, Quito, Ecuador.

Villarubia (2012), *Ingeniería de la Energía Eólica*. Barcelona, España: Editorial Marcombo.

Zhu & Cheung (2009), *Analysis of regulating wind power for power systems*. Redmond, USA.

Zubia (2003), *Análisis y diseño de estrategias de operación para la explotación de parques eólicos*. Tesis de Doctorado, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.

Barcia (2013), *La Producción Petrolera en el Ecuador*, Tomado de:
<http://ambitoeconomico.blogspot.com/2013/06/la-produccion-petrolera-en-el-ecuador.html>

National Renewable Energy Laboratory (Sin Fecha), *Renewable Energy and Energy Efficiency for Tribal Community and Project Development*, Tomado de:
http://apps1.eere.energy.gov/tribalenergy/pdfs/energy04_terms.pdf

<http://castillobiomasamickey.blogspot.com/>

Zapata (2012), *Ecuador, país pequeño aprovechando sus tierras*, Tomado de:
<http://bitacoramundialrrii.blogspot.com/2012/07/ecuador-pais-pequeno-aprovechando-sus.html>

Banco Central del Ecuador (2013), *Reporte del sector petrolero*, Tomado de:
<http://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP201306.pdf>

Sin Autor (Sin Fecha), *Definición de Análisis Financiero*, Tomado de:
<http://definicion.de/analisis-financiero/#ixzz3n47ZLyz6>

Baquero & Miele (2015), *El boom petrolero y el ahorro que hoy hace falta en Ecuador*, Tomado de:
<http://foroeconomiaecuador.com/fee/el-boom-petrolero-y-el-ahorro-que-hoy-hace-falta-en-ecuador/>

Luna (2012), *La actividad petrolera del Ecuador*, Tomado de:
<http://solocquenadacbyllunao.blogspot.com/2012/04/la-actividad-petrolera-del-ecuador.html>

Naciones Unidas (1998), *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, Tomado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Sin Autor (2012), *Energía Mareomotriz*, Tomado de:
http://web.ing.puc.cl/~power/alumno12/costo_sernc/D._Mare.html

Sin Autor (Sin Fecha), *Costo de Capital Promedio Ponderado*, Tomado de:
http://www.academia.edu/7225234/COSTO_DE_CAPITAL_PROMEDIO_PONDERADO_2

EFE (2014), *Petrolera de Ecuador prevé subir producción diaria a 327.000 barriles en 2014*, Tomado de:
<http://www.americaeconomia.com/negocios->

industrias/petrolera-de-ecuador-preve-subir-produccion-diaria-327000-barriles-en-2014

Zak (2014), *En qué consiste el cambio de la matriz productiva en Ecuador*, Tomado de:
<http://www.andes.info.ec/es/noticias/consiste-cambio-matriz-productiva-ecuador.html-0>

Universidad de Chile (Sin Fecha), *Qué es la Geotermia*, Tomado de:
<http://www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/informacion-de-interes-/ique-es-la-energia-geotermica>

Crece Negocios (Sin Fecha), *El VAN y el TIR*, Tomado de:
<http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

EcoPibes (sin Fecha), *Dióxido de Carbono CO₂*, Tomado de:
<http://www.ecopibes.com/problemas/contaminacion/contaminantes/co2.html>

Nieto (2009), *Qué son el Van y el Tir*, Tomado de:
<http://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>

El Comercio (2013), *Ecuador se une a la carrera por generación de energía limpia*, Tomado de:
<http://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-se-une-a-carrera.html>

ElecGalapagos (Sin Fecha), *Proyecto Parque Eólico Baltra 2.25MW, con aportes PNUD-GEF*, Tomado de:
<http://www.elecgalapagos.com.ec/proyecto-e%C3%B3lico-baltra-225-mw-5>

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (Sin Fecha), *Ministerio de Electricidad Y Energía Renovable Presentó El Primer Atlas Eólico Del Ecuador*, Tomado de:
<http://www.energia.gob.ec/ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-presento-el-primer-atlas-eolico-del-ecuador/>

Camacho (2014), *Petróleo: comportamiento y tendencias en el mundo*. Tomado de:
(<https://www.recope.go.cr/petroleo-comportamiento-y-tendencias-en-el-mundo/>)

Viñuela & Núñez (2012), *Energía Mareomotriz*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Tomado de:
http://web.ing.puc.cl/~power/alumno12/costosernc/D._Mare.html

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 1: Previsión del crecimiento anual por regiones de energía eólica 2013-2018

Sitio	Potencia Instalada (MW) finales 2012	Potencia Instalada (MW) inicios 2013	Potencia Instalada (MW) finales 2013
África y Medio Oriente	1.165	90	1.255
Asia Central	97.715	18.216	115.927
Norte América	67.748	3.063	70.811
Asia región del Pacífico	3.219	665	3.874
Europa	109.817	12.031	121.474
Latino América y el Caribe	3.530	1.235	4.764
TOTAL	283.194	35.289	318.105

Fuente: GWEC, 2013

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 2

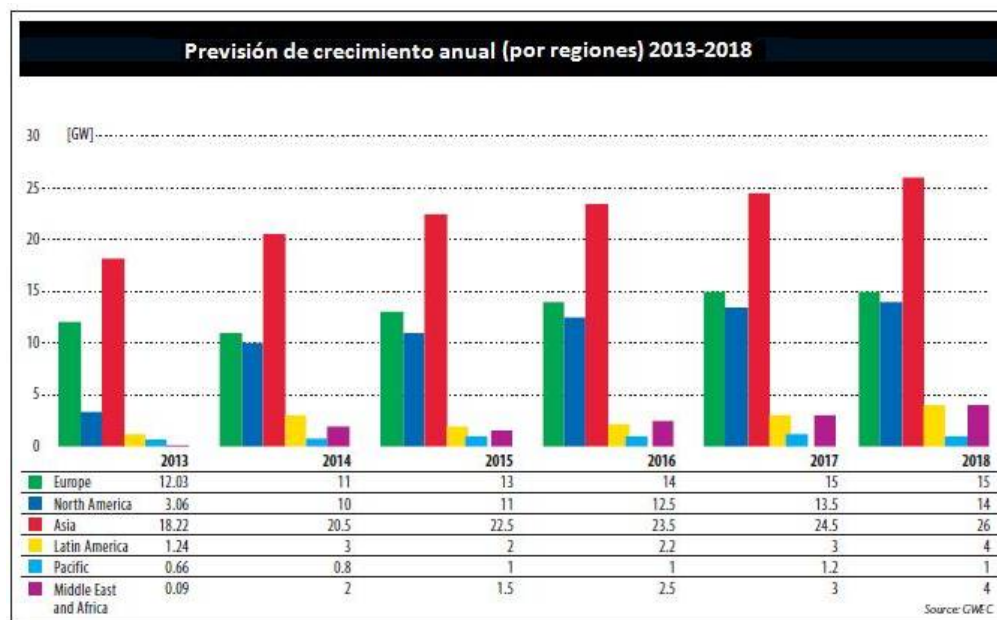


Figura 2: Previsión del crecimiento anual por regiones de energía eólica 2013-2018

Fuente GWEC, 2013

ANEXO 3

Tabla 2: Evolución histórica de la capacidad instalada de centrales eléctricas en el Ecuador

Evolución Histórica de la Capacidad Instalada de Centrales Eléctricas (MW)					
Potencia Efectiva (MW)					
AÑOS	HIDRÁULICA	TÉRMICA	SOLAR	EÓLICA	INTERCONEX
1999	1697,39	1517,75	0	0	25
2000	1697,39	1504,24	0	0	25
2001	1720,09	1379,62	0	0	25
2002	1733,23	1560,03	0	0	25
2003	1732,18	1562,12	0	0	240
2004	1731,29	1608,13	0	0	240
2005	1748,37	1715,46	0,02	0	340
2006	1784,17	1965,45	0,02	0	340
2007	2030,68	2082,72	0,02	0	340
2008	2032,56	2120,44	0,02	2,4	525
2009	2059,74	2148,798	0,02	2,4	340
2010	2087,29	2177,53	0,02	2,4	340
2011	2115,2	2206,66	0,02	2,4	340
2012	2143,49	2236,17	0,02	18,4	240

Fuente: Conelec

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 4

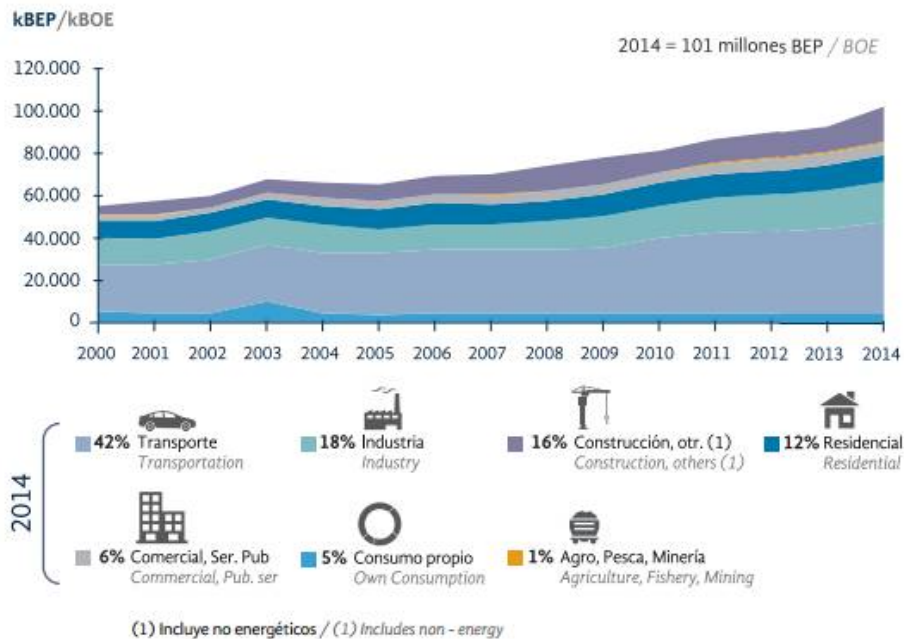


Figura 3: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
Fuente: Balance Energético Nacional 2015 con base al año 2014.

ANEXO 5

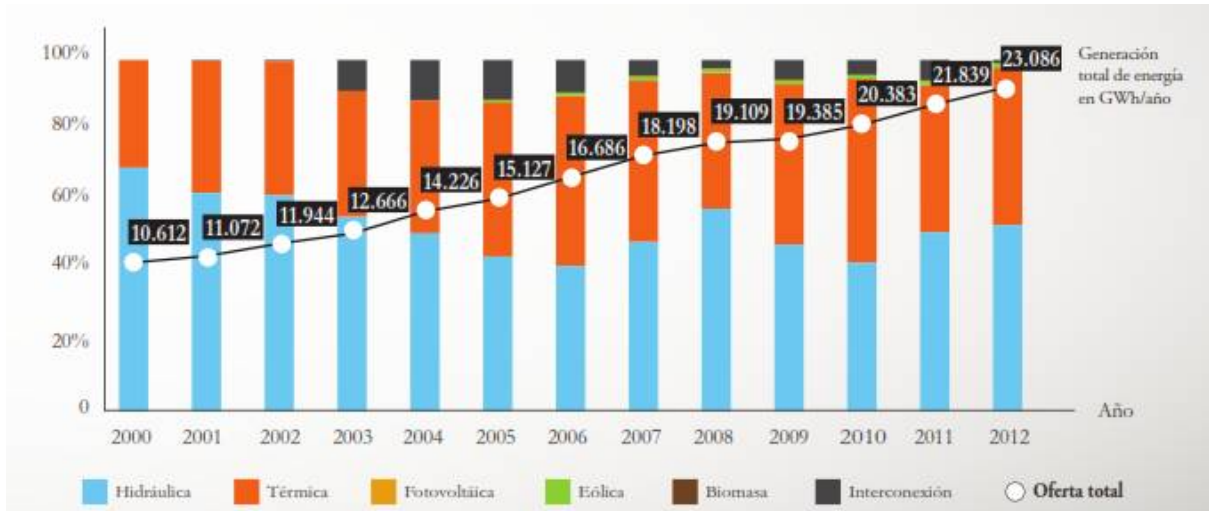


Figura 4: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
Fuente: Balance Energético Nacional 2013 con base al año 2012.

ANEXO 6

Tabla 3 Países firmantes del Protocolo de Kioto

País	Compromiso cuantificado de limitación o reducción de las emisiones (% del nivel del año o período de base)
Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria*	92
Canadá	94
Comunidad Europea	92
Croacia*	95
Dinamarca	92
Eslovaquia*	92
Eslovenia*	92
España	92
Estados Unidos de América	93
Estonia*	92
Federación de Rusia*	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

Hungría*	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia*	92
Liechtenstein	92
Lituania*	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelanda	100
Países Bajos	92
Polonia*	94
Portugal	92
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	92
República Checa*	92
Rumania*	92
Suiza	92
Ucrania*	100

*países que están en proceso de transición a una economía de mercado.

Fuente: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 7

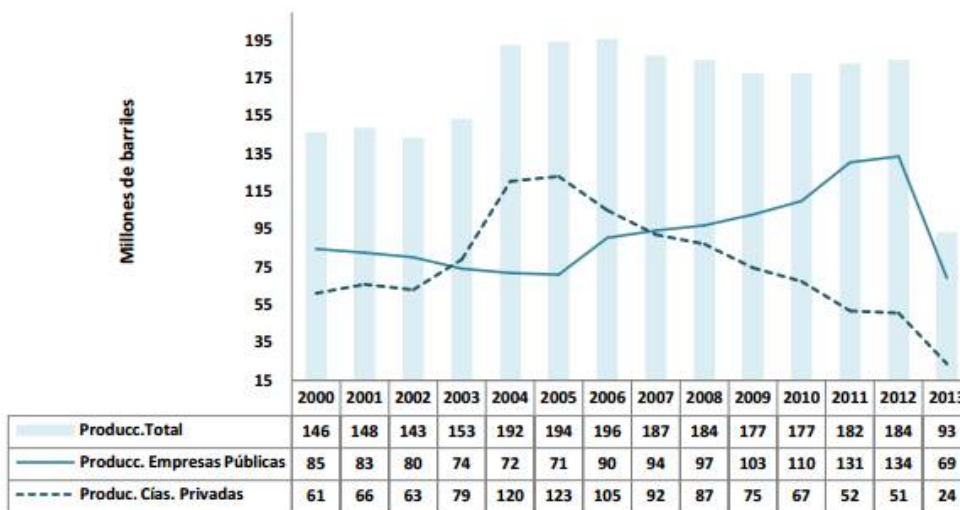


Figura 5: Producción Nacional de Petróleo

Fuente: Petroecuador EP

ANEXO 8

BALANCE NACIONAL MULTIANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2005-2014

CONCEPTO	AÑO	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Energía generada bruta (1)		GWh	13,404.02	15,116.85	17,338.85	18,808.53	18,284.95	19,509.85	20,544.14	22,847.96	23,280.33	24,307.21
Energía importada desde Colombia		GWh	1,716.01	1,570.47	880.87	500.18	1,058.20	794.51	1,294.59	238.03	862.34	824.02
Energía importada desde Perú		GWh	7.44	-	-	-	82.22	78.39	-	2.17	-	12.72
Energía bruta total		GWh	15,127.47	16,686.32	18,197.52	19,108.69	19,385.37	20,382.76	21,838.73	23,086.16	23,922.67	25,143.95
Energía generada no disponible para servicio público (2)		GWh	1,219.30	1,850.67	2,540.75	2,610.30	2,219.64	2,705.55	2,925.93	3,307.45	3,347.09	3,055.44
		%	8.06	11.09	13.96	13.66	11.45	13.27	13.40	14.33	13.99	12.15
Energía generada e importada para servicio público		GWh	13,908.16	14,835.65	15,656.78	16,498.39	17,165.72	17,677.21	18,912.80	19,778.70	20,575.58	22,088.51

1) Es la energía eléctrica generada por todo el parque generador del país (Incorporado y No Incorporado al Sistema Nacional Interconectado, para Servicio Público y No Público)

2) Corresponde a la energía utilizada internamente para procesos productivos y de explotación (es el total de la energía producida por las empresas autogeneradoras Andes Petro una parte de la energía generada por Agip, Agua y Gas de Sillunchi, CELEC-Electroguayas, CELEC-Termopihincha, Ecoelectric, Ecodos, EMAAP-Q, Lafarge, La Internacional DCP, Perlabi, Petroamazonas, Repsol, San Carlos, Sipeco)

El % de la energía no disponible para Servicio Público es respecto a la Energía BrutaTotal

Tabla 4: Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, año 2005-2014

Fuente: CONELEC, 2016

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 9

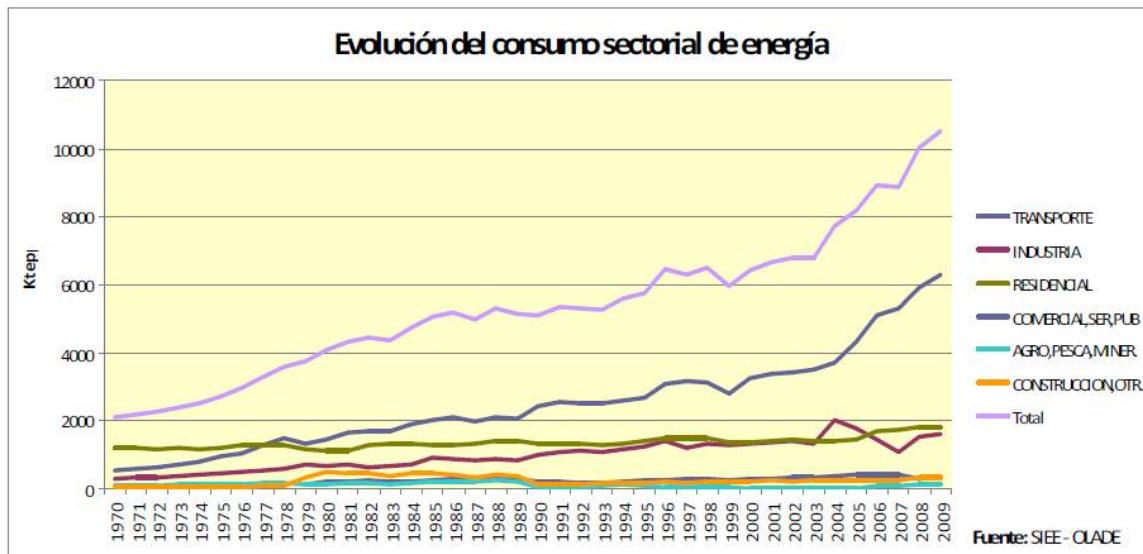


Figura 6: Evolución del consumo sectorial de la energía

Fuente: SIEE-OLADE 2009.

ANEXO 10

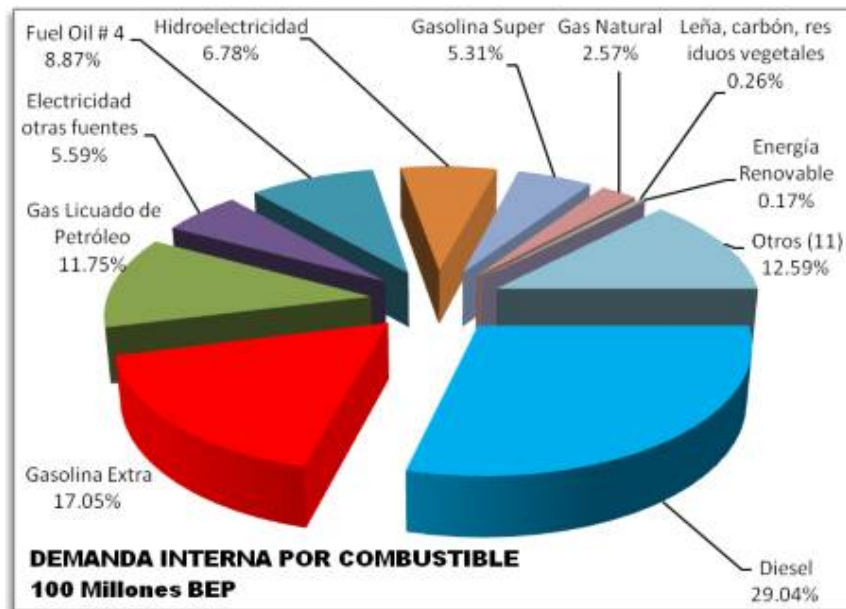


Figura 7: Demanda Interna por Combustible (2013).
Fuente: La Matriz Energética Ecuatoriana. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay

ANEXO 11

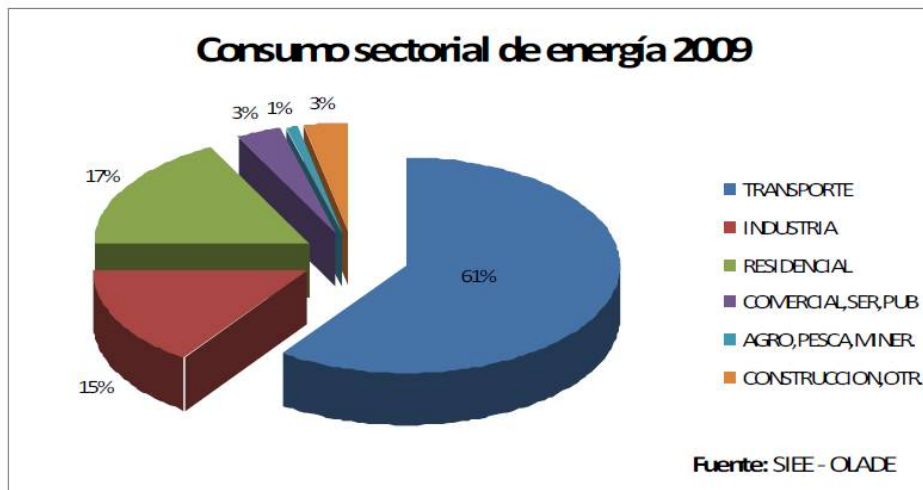


Figura 8: Consumo sectorial de energía en el Ecuador 2009
Fuente: SIEE-OLADE 2009

ANEXO 12

Tabla 5 Centrales de Energía Renovables en el Ecuador

Estado del Buen Vivir Territorial		
CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR DE GALÁPAGOS
	(cUSD/KWh)	(cUSD/KWh)
Eólicas	2,39	2,62
Fotovoltaicas	11,8	12,99
Solar Termoeléctrica	8,74	9,61
Corrientes Marinas	12,77	14,05
Biomasa y Biogás < 5 MW	2,86	3,5
Biomasa y Biogás > 5 MW	2,5	2,75
Geotérmicas	3,36	3,69
CENTRALES		TERRITORIO CONTINENTAL (cUSD/KWh)
Centrales Hidroeléctricas menores 10 MW		2,07
Centrales Hidroeléctricas mayores a 10 MW hasta 30MW		1,98
Centrales Hidroeléctricas mayores a 30 MW hasta 50MW		1,78

Fuente: Conelec

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 13

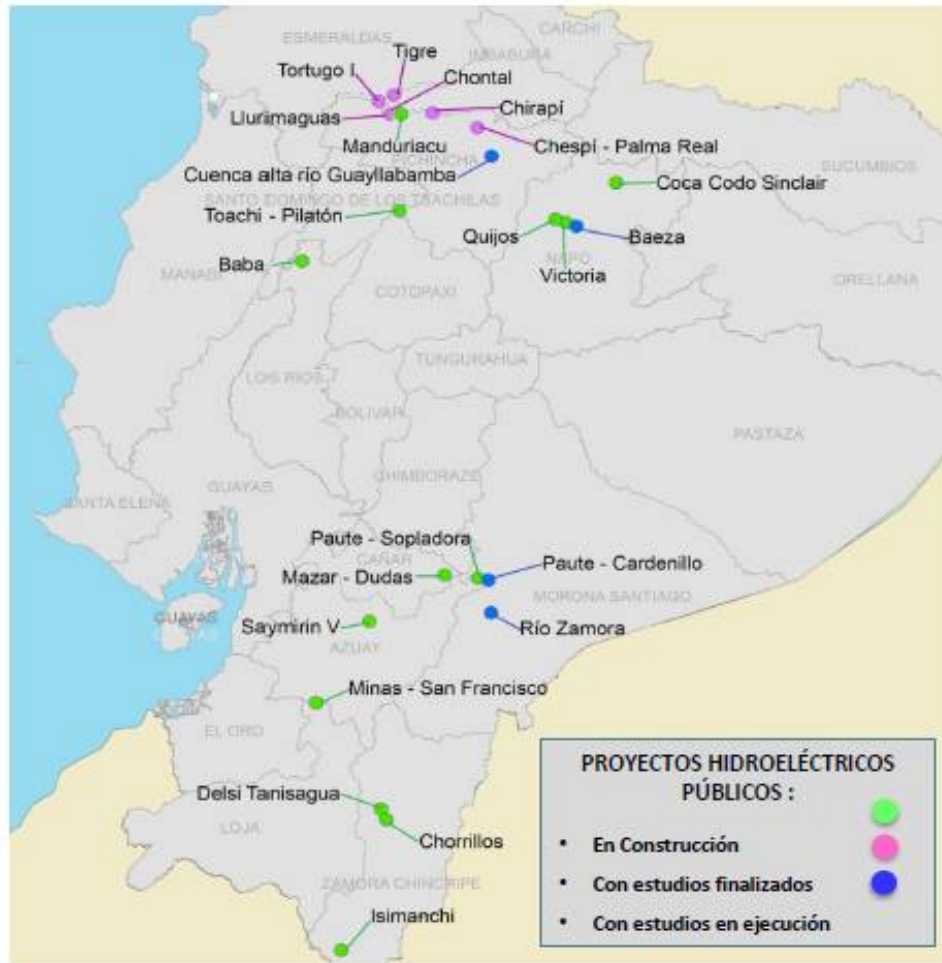


Figura 9: Proyectos hidroeléctricos Públicos

Fuente: Políticas y Estrategias en Proyectos de Energía Renovable y Uso Eficiente de la Energía en Ecuador. 2013

ANEXO 14

Tabla 6. Países firmantes del Protocolo de Kioto

Proyecto	Potencia Instalada (MW)
COCA CODO SINCLAIR	1500
SOPLADORA	487
TOACHI PILATON	253
DESILTANISAGUA	115
MANDARIACU	60
QUIJOS	50
MAZAR DUDAS	20.82

Fuente: MEER

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 15

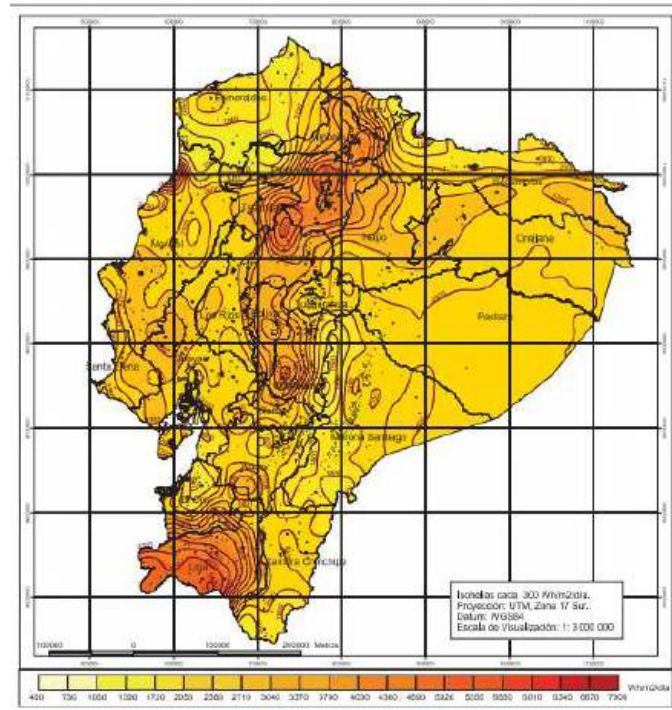


Figura 10: Atlas Solar del Ecuador.
Fuente: CONELEC, 2009

ANEXO 16

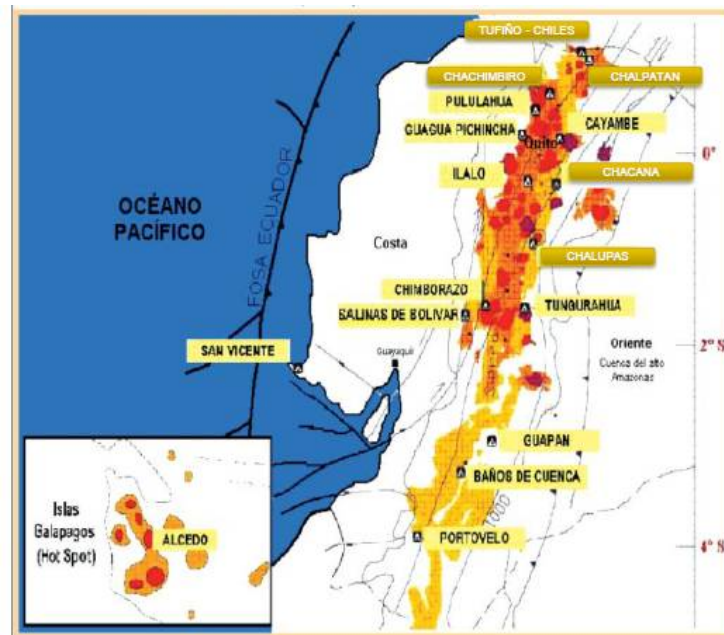


Figura 11: Ubicación de Prospectos Geotérmicos del Ecuador
Fuente: Plan para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos del Ecuador. 2010

ANEXO 19

Tabla 7 Proyectos eólicos en el Ecuador

PROYECTO	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	ESTADO
San Cristóbal (Galápagos)	2,4	Construida
Villonaco (Loja)	15	Construida
Salinas (Imbabura)	15	Factibilidad, Solicitando licitación de construcción
Membrillo (Loja)	45	Estudio de prefactibilidad
Las Chinchas (Loja)	10-15	Estudio de factibilidad
Minas de Huascachaca (Azuay)	30	Factibilidad
Balra – Santa Cruz (Galápagos)	3,5	Estudio de prefactibilidad

Fuente: MEER

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 20

Tabla 8 Potencial Eólico del Ecuador (estimaciones).

Velocidad Viento (m/s)	Potencial Bruto			Potencial Factible a Corto Plazo		
	Area (Km ²)	Potencia Instalada (MW)	Energía Annual GWh/año	Area (Km ²)	Potencia Instalada (MW)	Energía Annual GWh/año
> 7.0	556,99	1670,96	2868,98	294,74	884,22	1518,17
> 7.5	309,96	929,87	1995,68	158,5	475,51	1020,54
> 8.0	166,54	499,61	1286,72	82,64	247,91	638,47
> 8.5	91,59	274,76	825,57	45,35	136,06	408,81

Fuente: MEER

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 21

		Medidas								Variación (%)
		Potencia efectiva nacional (MW)								Tipo Central
		Tipo Central								Tipo Central
Año	Tipo de Energía	↕ Todos	↕ Eólica	↕ Fotovoltaica	↕ Hidráulica	↕ Interconexión	↕ MCI	↕ Turbogas	↕ Turbovapor	↕ Todos
↕ Todos	↕ Todos	63.621,257	33,964	4,096	28.854,772	4.445	10.513,246	12.128,9	7.641,28	
1999	↕ Todos	3.220,43			1.702,91		275,22	769,3	473	
2000	↕ Todos	3.206,53			1.702,84		261,39	769,3	473	-0,43 %
2001	↕ Todos	3.095,478			1.725,61		259,568	637,3	473	-3,59 %
2002	↕ Todos	3.293,191			1.733,403		315,488	771,3	473	6,00 %
2003	↕ Todos	3.364,986			1.733,493		366,493	762	503	2,13 %
2004	↕ Todos	3.321,999			1.732,5		353,499	766	470	-1,29 %
2005	↕ Todos	3.480,63		0,018	1.749,94		479,572	752,5	498,6	4,56 %
2006	↕ Todos	3.760,038		0,018	1.785,797		714,423	753,5	506,3	7,43 %
2007	↕ Todos	4.775,646	2,4	0,018	2.030,449	635	848,979	752,5	506,3	21,27 %
2008	↕ Todos	4.814,355	2,4	0,018	2.032,521	635	850,716	756,2	537,5	0,80 %
2009	↕ Todos	5.027,413	2,4	0,018	2.029,701	635	926,595	896,2	537,5	4,24 %
2010	↕ Todos	5.395,992	2,4	0,018	2.215,19	635	1.098,484	897,5	547,4	6,83 %
2011	↕ Todos	5.428,205	2,4	0,042	2.207,17	635	1.138,693	897,5	547,4	0,59 %
2012	↕ Todos	5.697,945	2,4	0,078	2.236,624	635	1.302,303	973,9	547,64	4,73 %
2013	↕ Todos	5.738,419	19,564	3,868	2.236,625	635	1.321,822	973,9	547,64	0,71 %

Tabla 9. Datos Estadísticos. Potencia Efectiva Nacional.
Fuente: CONELEC

ANEXO 22

Tabla 10. Precios Referentes Energías Renovables

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR (GALÁPAGOS)
Eólicas	\$9.13	\$10.04
Fotovoltaicas	\$40.03	\$44.03
Biomasa y Biogás < 5MW	\$11.05	\$12.16
Biomasa y Biogás < 5MW	\$9.60	\$10.56
Geotérmicas	\$13.21	\$14.53

Fuente: CONELEC
Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 23

Tabla 12. Precios Referentes Energías Renovables. Periodo Ordinario

CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR (GALÁPAGOS)
Eólicas	\$11,74	\$12,91
Solar termoeléctrica	\$25,77	\$28,34
Corrientes marinas	\$32,43	\$35,67
Biomasa y Biogás	\$11,08	\$12,19
Geotérmicas	\$13,81	\$15,19

Fuente: CONELEC
Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 24

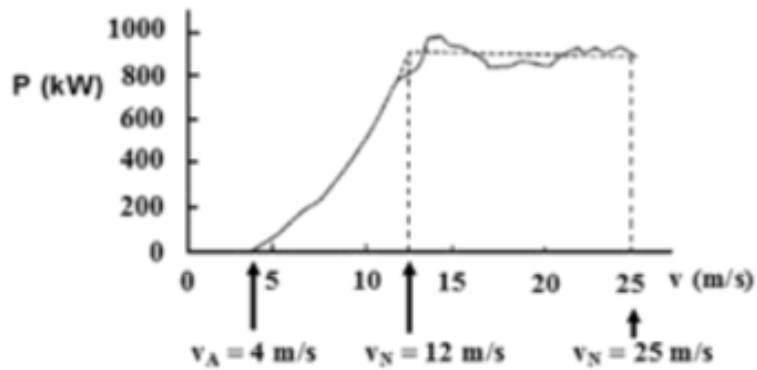


Figura 17. Curva de potencia aerogenerador eje horizontal de 900kW
Fuente: Villarubia López, M. (2012)

ANEXO 25

Tabla 20. Características aerogeneradores seleccionados

Características	E44	E48	E70	E82
Potencia Nominal (kW)	900	800	2300	2000
Altura de Buje (m)	78	78	78	78
Diámetro del rotor (m)	44	48	71	82
Área de barrido del rotor (m ²)	1521	1810	3959	5281
Velocidad de arranque (m/s)	2	2	2	2
Velocidad de corte (m/s)	28 - 34	28 - 34	28 - 34	28 - 34

Fuente: Avila, D., Alesanco, R., García, F. (2010)

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 26

Tabla 210. Generación de empleo y emisiones evitadas en un posible escenario de proyectos de operación

Escenario posible de proyectos eólicos en operación en el Ecuador	MW	Empleos (O&M)	Empleos (Construcción)		Emisiones de CO2 evitadas (TON/Año)
			Directos	Indirectos	
OPORTUNIDADES EÓLICAS EN GALAPAGOS					
San Cristóbal	2,4	1	8	23	3972,9
Baltra	2,25	1	7	22	3724,6
OPORTUNIDADES EÓLICAS EN EL CONTINENTE					
Salinas	15	6	49	146	24830,7
Huascacha	30	12	98	293	49661,3
Villonaco	15	6	49	146	24830,7
Las Chinchas	10	4	33	98	16553,8
Membrillo	45	18	146	439	74492
Total	119,7	48	389	1167	198066

Fuente: Barragán, A. (2012),
Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 27

Tabla 22 De los Parques Eólicos proyectados en el Ecuador

DATOS DE PARQUES EÓLICOS PROYECTADOS EN EL ECUADOR						
PROYECTOS	Villonaco / Loja	Membrillo-Ducal / Loja	Salinas / Imbabura	Chinchas / Loja	Huascachaca / Azuay	San Cristobal / Galápagos
Potencia del Parque	16,5	43,5	15	10	50	2,4
Nro. Aerogeneradores	11	29	10	7	25	3
Potencia aerogen.)MW)	1,5	1,5	1,5	1,5	2	0,8
Altura buje (m)	70	46	60	60	68,5	51,5
Radio Aspas (m)	35	30	41,25	30	46,25	29,5
Velocidad media)m/s)	12,5	9,47	7	-----	5,35	7,3
Costo millones USD	40,5	87,4	22	14,5	89,9*	9,8
Costo (USD/KW)	2454,5	2500	1466,7	1450	1782	4100,5
Línea (km)	-----	7	18	-----	22,5	12
Tensión de salida)KW)	138	138	69	69	138	138
Ton. CO2 evitad.(ton/año)	45.000	96.271,59	21000	19000	62000	1983,31
Costo CER (USD ton.CO2	-----	13,2	12	12	10	10/12
Años de vida útil	20	20	20	20	25	20

Fuente: MENRE (Sin Fecha)

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

ANEXO 28

Tabla 25. Especificaciones del aerogenerador

	TIPO	ESPECIFICACIONES
PARAMETROS DE OPERACIÓN	POTENCIA NOMINAL	1500 KW
	CORTE EN LA VELOCIDAD DEL VIENTO	3 m/s
	VELOCIDAD DE REFERENCIA DEL VIENTO	11.8 m/s
	RECORTE DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	25 M/S (10 MINUTOS)
	RESISTENCIA A VELOCIDAD DEL VIENTO (3s)	70 m/s IECIA
	TIEMPO DE VIDA UTIL	20 años >= 20 años
	TEMPERATURA AMBIENTE DE OPERACIÓN	-30°C a + 40°C
	TEMPERATURA AMBIENTE DE STANDBY	-40°C a + 50°C
ROTOR	DIAMETRO	70 m
	AREA DE BARRIDO	3870 m ²
	RANGO DE VELOCIDAD	10.2 a 19 rpm
	Nro. DE PALAS	3
	TIPO DE PALA	LM34P o SIMILAR
GENERADOR	TIPO	SÍNCRONO MULTIPOLAR, GENERADOR CON IMAN EXCITADO PERMANENTE
	POTENCIA NOMINAL	1500 KW
	DISEÑO	ACCIONAMIENTO DIRECTO

Fuente: Aguayo L (2012)

<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/745/1/T-SENESCYT-0330.pdf>

ANEXO 29

Tabla 29. Tabla amortización anual

GASTOS FINANCIEROS				
TABLA DE AMORTIZACIÓN ANUAL				
	MONTO DEL PRESTAMO		\$ 61,167,098.80	
	PLAZO		10 años	
	TASA DE INTERES		7.0%	
	PAGO DE INTERESES en días		360	
	AMORTIZACION CAPITAL		anual	
AÑO	AMORTIZACION	INTERES	TOTAL CAPITAL	SALDO DE
			MAS INTERESES	CAPITAL
1	\$ 6,116,710	\$ 4,281,697	\$ 10,398,407	\$ 55,050,389
2	\$ 6,116,710	\$ 3,853,527	\$ 9,970,237	\$ 48,933,679
3	\$ 6,116,710	\$ 3,425,358	\$ 9,542,067	\$ 42,816,969
4	\$ 6,116,710	\$ 2,997,188	\$ 9,113,898	\$ 36,700,259
5	\$ 6,116,710	\$ 2,569,018	\$ 8,685,728	\$ 30,583,549
6	\$ 6,116,710	\$ 2,140,848	\$ 8,257,558	\$ 24,466,840
7	\$ 6,116,710	\$ 1,712,679	\$ 7,829,389	\$ 18,350,130
8	\$ 6,116,710	\$ 1,284,509	\$ 7,401,219	\$ 12,233,420
9	\$ 6,116,710	\$ 856,339	\$ 6,973,049	\$ 6,116,710
10	\$ 6,116,710	\$ 428,170	\$ 6,544,880	\$ 0
			\$ 84,716,432	

Fuente: ENERSUR E.P

Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

ANEXO 30

Tabla 33. Proyecciones de Ventas

PROYECCIONES DE LAS VENTAS Y DEL ESTADO DE FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO EÓLICO VILLONAGO

FINANCIAMIENTO	APORTE	%	COSTO DE CAPITAL	COSTO PONDERADO
ESTADO	\$ 26.214.470,92	30,00%	7%	2,10%
Financiamiento	\$ 61.167.098,80	70,00%	7%	4,90%
TOTAL	\$ 87.381.569,72	100%		7,00%

PROYECCION DE INGRESOS POR VENTAS			
DETALLE	Cantidad	Precio por kw/hora	Ingreso por venta de energia
KW h/ por año	152.812.051,00	\$ 0,1174	\$ 17.940.134,79
	Ton x año	Precio x ton	Ingreso Neto por venta de CER's
Venta de certificados de carbono x año	96271,59	13,2	\$ 1.092.875,11

INGRESOS TOTALES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
Ingreso por venta de energia		\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79	\$ 17.940.134,79
Ingreso por venta de CER'S		\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11	\$ 1.092.875,11
Total de Ventas		\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90	\$ 19.033.009,90
INVERSIÓN	\$ 87.381.569,72							
Costos Totales								
Costos generales y administrativos.Cuadro 5		\$ 359.800,00	\$ 370.594,00	\$ 381.711,82	\$ 393.163,17	\$ 404.958,07	\$ 417.106,81	\$ 429.620,02
Operación y mantenimiento de equipos Parque.		\$ 626.628,20	\$ 626.628,20	\$ 626.628,20	\$ 626.628,20	\$ 626.628,20	\$ 626.628,20	\$ 626.628,20
Operación y mantenimiento subestación y línea de subtr.		\$ 104.769,28	\$ 104.769,28	\$ 104.769,28	\$ 104.769,28	\$ 104.769,28	\$ 104.769,28	\$ 104.769,28
Seguros		\$ 240.933,56	\$ 240.933,56	\$ 240.933,56	\$ 240.933,56	\$ 240.933,56	\$ 240.933,56	\$ 240.933,56
Beneficios a la comunidad (obras de compensación)		\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Imprevistos 1% venta de energia		\$ 190.330,10	\$ 190.330,10	\$ 190.330,10	\$ 190.330,10	\$ 190.330,10	\$ 190.330,10	\$ 190.330,10
Depreciaciones		\$ 1.927.922,60	\$ 1.927.922,60	\$ 1.927.922,60	\$ 1.927.922,60	\$ 1.927.922,60	\$ 1.909.922,60	\$ 1.891.922,60
Amortizaciones Cuadro 6.		\$ 246.290,00	\$ 246.290,00	\$ 246.290,00	\$ 246.290,00	\$ 246.290,00	\$ 246.290,00	\$ 246.290,00
Capital de Trabajo	\$ -2.280.500,34							
Costo financiero (intereses)		\$ 4.281.696,92	\$ 3.853.527,22	\$ 3.425.357,53	\$ 2.997.187,84	\$ 2.569.018,15	\$ 2.140.848,46	\$ 1.712.678,77
Total Costos		\$ 8.028.370,65	\$ 7.610.994,96	\$ 7.193.943,09	\$ 6.777.224,75	\$ 6.360.849,95	\$ 5.926.829,01	\$ 5.493.172,52
Inversión Inicial	\$ 85.101.069,38	\$ 2,37						
Reposición de Activos								
Utilidad Bruta		\$ 11.004.639,25	\$ 11.422.014,94	\$ 11.839.066,81	\$ 12.255.785,15	\$ 12.672.159,95	\$ 13.106.180,90	\$ 13.539.837,38
Utilidad después de Impuestos		\$ 11.004.639,25	\$ 11.422.014,94	\$ 11.839.066,81	\$ 12.255.785,15	\$ 12.672.159,95	\$ 13.106.180,90	\$ 13.539.837,38
- Pago de Capital (Prestamo)			\$ -6.116.709,88	\$ -6.116.709,88	\$ -6.116.709,88	\$ -6.116.709,88	\$ -6.116.709,88	\$ -6.116.709,88
+ Recuperación del Capital de Trabajo								
+ Depreciaciones y Amortizaciones		\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60	\$ 2.174.212,60
+ Valor de Salvamento								
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-\$ 85.101.069,38	\$ 13.178.851,85	\$ 7.479.517,66	\$ 7.896.569,53	\$ 8.313.287,87	\$ 8.729.662,67	\$ 9.163.683,62	\$ 9.597.340,10

TIR	12,49%
VAN TASA	\$ 49.170.047,33
PRR	11 años

Fuente: Enersur E.P
Elaboración: Jean Pierre Burneo Nieto

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15
\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79
\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11
\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90
\$ 442,508.62	\$ 455,783.88	\$ 469,457.39	\$ 483,541.11	\$ 498,047.35	\$ 512,988.77	\$ 528,378.43	\$ 544,229.78
\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20
\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28
\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56
\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10
\$ 1,873,922.60	\$ 1,855,922.60	\$ 1,837,922.60	\$ 1,819,922.60	\$ 1,801,922.60	\$ 1,783,922.60	\$ 1,765,922.60	\$ 1,747,922.60
\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00
\$ 1,284,509.07	\$ 856,339.38	\$ 428,169.69					
\$ 5,059,891.43	\$ 4,626,996.99	\$ 4,194,500.82	\$ 3,762,414.85	\$ 3,758,921.08	\$ 3,755,862.50	\$ 3,753,252.17	\$ 3,751,103.52
\$ 13,973,118.47	\$ 14,406,012.91	\$ 14,838,509.08	\$ 15,270,595.05	\$ 15,274,088.82	\$ 15,277,147.40	\$ 15,279,757.74	\$ 15,281,906.38
\$ 13,973,118.47	\$ 14,406,012.91	\$ 14,838,509.08	\$ 15,270,595.05	\$ 15,274,088.82	\$ 15,277,147.40	\$ 15,279,757.74	\$ 15,281,906.38
-\$ 6,116,709.88	-\$ 6,116,709.88	-\$ 6,116,709.88	-\$ 6,116,709.88				
\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60
\$ 10,030,621.19	\$ 10,463,515.63	\$ 10,896,011.80	\$ 11,328,097.77	\$ 17,448,301.42	\$ 17,451,360.00	\$ 17,453,970.34	\$ 17,456,118.98

Análisis de sensibilidad para la integración de nuevos sistemas de generación eléctrica en el Ecuador, basados en energía eólica

AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79	\$ 17,940,134.79
\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11	\$ 1,092,875.11
\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90	\$ 19,033,009.90
\$ 560,556.68	\$ 577,373.38	\$ 594,694.58	\$ 612,535.42	\$ 630,911.48
\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20	\$ 626,628.20
\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28	\$ 104,769.28
\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56	\$ 240,933.56
\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10	\$ 190,330.10
\$ 1,729,922.60	\$ 1,711,922.60	\$ 1,693,922.60	\$ 1,675,922.60	\$ 1,657,922.60
\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00	\$ 246,290.00
\$ 3,749,430.41	\$ 3,748,247.11	\$ 3,747,568.31	\$ 3,747,409.15	\$ 3,747,785.21
\$ 15,283,579.49	\$ 15,284,762.79	\$ 15,285,441.59	\$ 15,285,600.75	\$ 15,285,224.69
\$ 15,283,579.49	\$ 15,284,762.79	\$ 15,285,441.59	\$ 15,285,600.75	\$ 15,285,224.69
				\$ 2,280,500.34
\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60	\$ 2,174,212.60
				\$ 41,397,819.44
\$ 17,457,792.09	\$ 17,458,975.39	\$ 17,459,654.19	\$ 17,459,813.35	\$ 61,137,757.07