

ENERGIA EOLICA: FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE-CENTRAL EOLICA VILLONACO LOJA-ECUADOR CELEC/GP -GENSUR

Cristian Pullaguari
cpullaguari@est.ups.edu.ec
Universidad Politecnica Salesiana, Sede Cuenca

Abstract—This document consists of the study renewable or clean energy for the planet, but shall be taken into account as such for wind energy; as the process of generation of winds occurs in nature and how they influence the wind towers also put emphasis on the wind project Villonaco Loja-Ecuador operation, injected power generated to the national grid, construction and maintenance Wind Park which is a project that contributes positively to the power factor of the country's electrical system.

Index Terms—Energía renovable, eólica, potencia, vientos, aerogeneradores, convertidor de frecuencia, Sistema interconectado.

I. INTRODUCCIÓN.

El planeta entero es decir al humanidad desde los inicios del desarrollo de nuevas tecnologías e industria que utilizan combustibles fósiles para generar la energía útil para el progreso de las sociedades, con el pasar del tiempo ha venido llevando ritmos descontrolados que nos llevan a próximos alteraciones ambientales, problemas ecológicos que en su totalidad nos conllevan al calentamiento global el cual es un tema de alta importancia para la supervivencia de los seres humanos en el planeta. La idea en los últimos años es tener siempre en cuenta y aprovechar los recursos naturales que posee el planeta de forma adecuada, esto es de vital importancia para evitar las circunstancias de consideración antes mencionadas. [1]

Ahora bien como es de conocimiento mundial tenemos ciertas acciones que se van realizando día a día para mejorar este aspecto, tenemos el uso de fuentes de energía renovables; los recursos naturales que usamos para estas fuentes de energía inagotables se los considera de esta forma por su cualidad de restaurarse por procesos naturales, tenemos ciertos elementos que se convierten en energía como: Viento en energía eólica, Sol en energía solar, Agua en energía hidráulica, mares en energía mareomotriz, materias orgánicas en biomasa; y así muchas más formas de generar energía limpia. [2]

El estudio de la energía eólica va a ser nuestra prioridad en el siguiente documento analizando desde el origen del viento hasta llegar al estudio de una "Central Eólica Villonaco Loja-Ecuador construcción, funcionamiento, características propias de generación de energía y el mantenimiento de los aerogeneradores que es el punto clave para que la energía que se obtiene sea la mayor y la más óptima siempre tratando de mantener como prioridad el cuidado del parque eólico." [3]

II. MARCO TEÓRICO

A. Medio ambiente y energía

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir ya sea: trabajo mecánico, producción de luz o calor. Todas las energías renovables excepto la geotérmica se derivan directa o indirectamente de la energía solar. Un consumo de la energía, incluyendo el movilizarse, es considerado en los últimos tiempos las principales fuentes de emisiones de gases y de contaminación que aporta al calentamiento global.[4]

Cada día se mejora en el aspecto en que se envían menos contaminantes a la atmosfera por el uso de combustibles limpios y del uso de energías renovables que se regeneran de forma natural sin alterar el ecosistema; hay que tener en cuenta que aunque se use energías renovables nada mejorara sino se hace una disminución en el consumo de combustibles fósiles.[5]

El medio ambiente como tal ha sufrido mucho a partir de la revolución industrial ya que ese es el momento en donde se empieza ocupar combustibles fósiles para las fábricas. En el último periodo de 100 años el ser humano se ha caracterizado por el uso incrementado y desconsiderado de energía que ha ido afectando para el cambio climático y deterioro del planeta. [6]



Figure 1. Mundo Verde

B. Energía Eólica

1) *Antecedentes:* Es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masas de aire, generadas a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte del

sol. Entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. [7]

La diferencia de temperatura conlleva a la circulación del aire. [8]

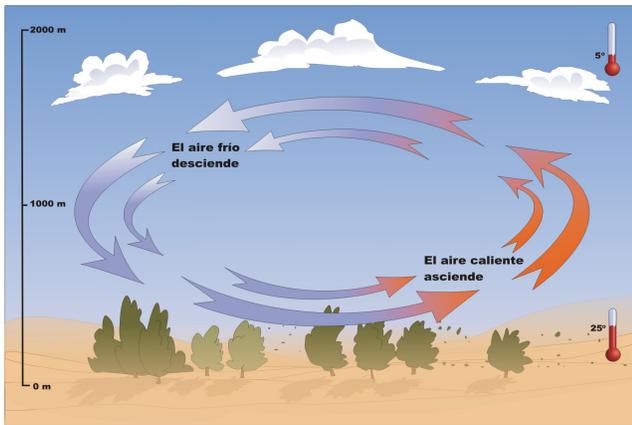


Figure 2. Origen de los vientos

2) *Principales características:* La energía eólica aprovecha la energía cinética del aire en movimiento. Desarrollar y producir energía eólica consiste en producir electricidad a partir de grandes aerogeneradores instalados en suelo firme o en ciertos casos se está aplicado en el mar o en agua dulce es decir sobre estas.[9] Tenemos que “la energía eólica es un parte derivativa de la energía solar pero valga recalcar que solo una pequeña parte de la energía solar que el planeta recibe se convierte en energía cinética del viento y aun así alcanza cifras enormes superiores en varias a veces a todas las necesidades actuales de electricidad”. La potencia que se puede obtener con un generador eólico es proporcional al cubo de la velocidad del viento; al duplicarse la velocidad del viento la potencia se multiplica por ocho, y de ahí que la velocidad media del viento sea un factor determinante a la hora de analizar la posible viabilidad de un sistema eólico.[10]. La energía eólica podría proporcionar unas cinco veces más energía que la total que necesitan las personas alrededor del mundo sin afectar al medio ambiente ya que es considerada una “Energía limpia” es decir muy considerada por el medio ambiente ya que no requiere ni combustión ni genera residuos contaminantes al medio ambiente.



Figure 3. Aerogeneradores

Los aspectos que dan el rango de moderación de los vientos:

- La situación geográfica
- Cualidades del clima
- Topografía del lugar
- Un terreno irregular
- Ubicación(altura) desde el suelo

3) *Parques eólicos:* Es un conjunto de aerogeneradores que cada día toman mas fuerza ya que producen la energía mas respetuosa es decir la mas limpia en el medio ambiente.[11]

C. Aerogeneradores

1) *Funcionamiento:* En un aerogenerador tenemos que el viento golpea las palas o aspas del aerogenerador haciendo que este gire y mediante un sistema tipo engranes que multiplican el movimiento que realizan los aspas es decir aumentan su velocidad, este movimiento es como el aerogenerador empieza a producirse corriente eléctrica que a través de líneas de transmisión y su respectiva transformación se conecta al suministro eléctrico del sector donde se está generando la energía. [12]

2) *Partes:* Los elementos que conforman este ingenio eólico son :

- La Torre (soporte)
- Rotor
- Control de velocidad
- Eje y multiplicador de velocidad
- Generador [13]

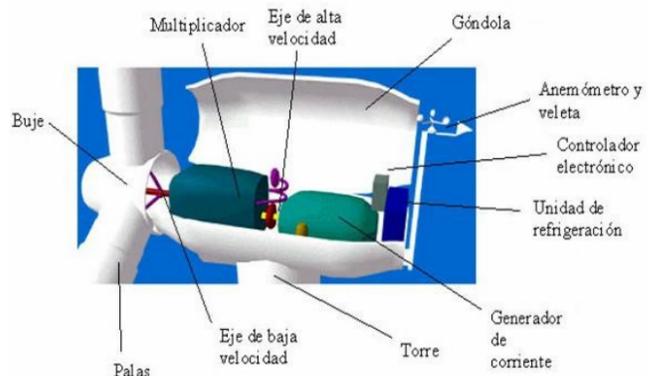


Figure 4. Partes de la máquina eólica

3) *Tipos:* Tenemos dos tipos de aerogeneradores que se clasifican dependiendo a la ubicación de sus ejes es decir tenemos:

Aerogenerador de eje horizontal: Este aerogenerador es el más utilizado en el campo eléctrico donde se busca que el eje sea paralelo al viento y mediante un estudio previo se coloca la torre y las palas en un ángulo preciso para que el viento que está girando en una dirección previamente estudiada la haga girar y empieza a producir energía.

Aerogenerador de eje vertical: Este aerogenerador no tiene mucho uso aunque sus características principales es que no necesitan ninguna orientación y al compararlo con el de eje horizontal, éste no ofrece mucha resistencia al viento, por

lo tanto elimina los cambios a los que se ven afectados los cambios de orientación del rotor. Este aerogenerador poco a poco está incursionando en el ámbito eléctrico y según estudios tomara fuerza en los próximos años para su aplicación en parques eólicos.[14]

DETALLE	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	PRODUCCIÓN REAL-2015
No. Aerogeneradores	11	
Velocidad de viento	12.4 m/s	
Factor de planta	41.6 %	52.38 %
Generación de Energía garantizada anual	59.57 Gwh/año	74.70 Gwh/año
2 Circuitos de interconexión subterránea	Grupo 1 (A1 – A6) Grupo 2 (A7 – A11)	
Línea de Subtransmisión	0.8 km a 34.5 kV 3.8 km a 69 kV	

Figure 6. Características Central Eólica Villonaco

D. Central Eólica Villonaco-Loja

El parque eólico Villonaco el primer proyecto de generación con viento en Ecuador ubicado en la provincia de Loja a 4 Km de su capital específicamente entre los cantones de Loja y Catamayo, el más alto del mundo implementado a 2720 mts sobre el nivel del mar, que consta de 11 aerogeneradores que proporcionan una potencia de 16.5 MW. Toda la energía que proviene de este proyecto reemplazará el gasto anual de 13 millones de dólares al estado.

Este proyecto es innovador a nivel mundial con vientos de 12.6 m/s ya que con toda su estructura llega a elevarse hasta las 100 mts desde el suelo donde están asentadas las torres. Son pocos los parques eólicos en Latinoamérica ya que tenemos existen en argentina y en centro américa países como México; además de un importante desarrollo de este tipo de energía sustentable en países como Alemania, Dinamarca y Holanda. El proyecto eólico de Villonaco nos presenta más oportunidades con el afán de desplazar la energía térmica por energías renovables y así contribuir con la diversificación de matriz energética que maneja nuestro país Ecuador, así como la reducción del uso de combustibles fósiles y por consiguiente emisiones de gases que alterar al medio ambiente.

La Central eólica Villonaco es considerada una importante Mega construcción del Gobierno Nacional considerada como categoría S, es decir que fue diseñado para las condiciones climáticas del lugar con especificaciones claras debida estudios previos.[15]



Figure 5. Parque eólico Villonaco-Loja-Ecuador

- 1) Características de la Central Eólica Villonaco:
- 2) Características de los Aerogeneradores: Tenemos las características de fabrica de los aerogeneradores su potencia, longitud de las palas, longitud de la torre, velocidades tanto de arranque como de parada.[16]

MODELO	GW70/1500
TIPO DE TECNOLOGÍA	DIRECT – DRIVE (SIN CAJA MULTIPLICADORA)
ALTURA DE LA TORRE	65 m
DIÁMETRO DEL ROTOR	70 m
LONGITUD DE PALAS	35 m
CERTIFICACIÓN	IEC CLASE S (ESPECIALES PARA LAS CONDICIONES DE LA CENTRAL VILLONACO)
VELOCIDAD MIN. DE ARRANQUE	3 m/s
VELOCIDAD MAX. DE PARADA	25 m/s
TIPO DE GENERADOR	Síncrono Multipolo – Imanes Permanentes

Figure 7. Características de los Aerogeneradores

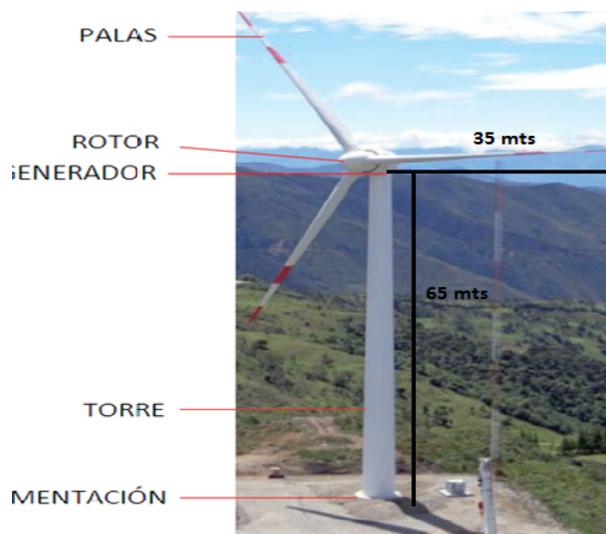


Figure 8. Características de los Aerogeneradores

- 3) Construcción de la Central Eolica Villonaco :

Transporte de equipos y partes de los aerogeneradores

Todas las partes y equipos fueron traídos vía marítima desde China hasta Puerto Bolívar, provincia de El Oro- Ecuador; desde este punto vía terrestre hasta Loja a 4 Km de la capital en el cerro Villonaco donde se instaló el Parque eólico.



Figure 9. Transporte de la Góndola hacia la Central Eólica



Figure 10. Transporte de la Torre - Cerro Villonaco

Montaje del Aerogenerador: A continuación podemos observar por etapas como se fueron ensamblando desde su base hasta las palas del aerogenerador. Todos estos pasos fueron realizados en condiciones climáticas fuertes existentes en el cerro Villonaco donde las grúas que iban ensamblando el aerogenerador podrían caerse debido al fuerte viento; por esta razón gracias a los sensores ultrasónicos que venían incrustados en las grúas se pudo determinar que el viento en la noche disminuía un poco y es en este momento donde se trabajaba la mayor parte del tiempo para poder terminar el Proyecto Eólico Villonaco.

- 1) Montaje del convertidor de frecuencia
- 2) Ensamblaje de la torre o soporte del aerogenerador
- 3) Montaje de la góndola
- 4) Montaje del rotor
- 5) Montaje de las palas del aerogenerador [17]



Figure 11. 5 Pasos para el montaje del Aerogenerador

4) Componentes internos de los Aerogeneradores:

- 1) Palas del rotor
- 2) Buje
- 3) Regulacion Pitch
- 4) Generador Estator
- 5) Generador Rotor
- 6) Regulacion Yaw
- 7) Torre.[18]

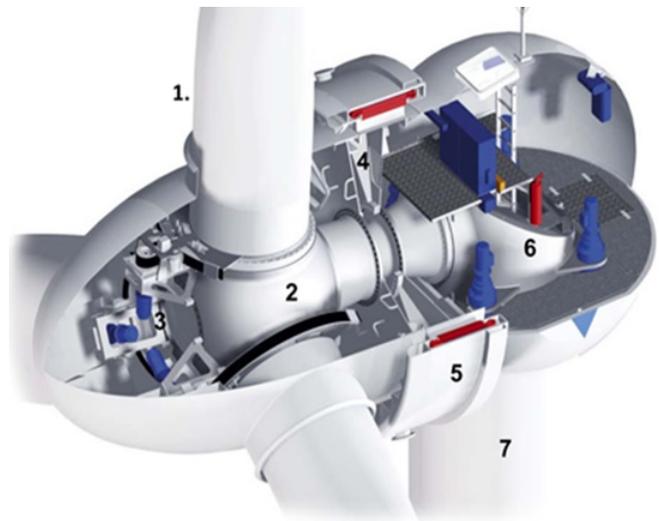


Figure 12. Elementos internos del Aerogenerador

5) **Potencia** : La potencia del Aerogenerador en la central Eólica Villonaco se la muestra a través de la siguiente curva mostrada en la figura 9. Valga recalcar que la Central Eólica y sus 11 aerogeneradores tuvieron estudios previos los cuales sirvieron para construir estos aerogeneradores especialmente para las condiciones de viento del parque eólico.[19]

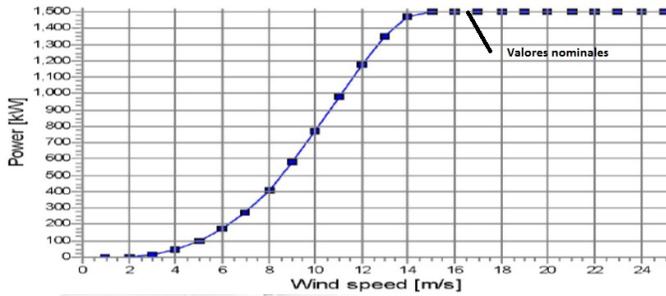


Figure 13. Curva de Potencia del Aerogenerador

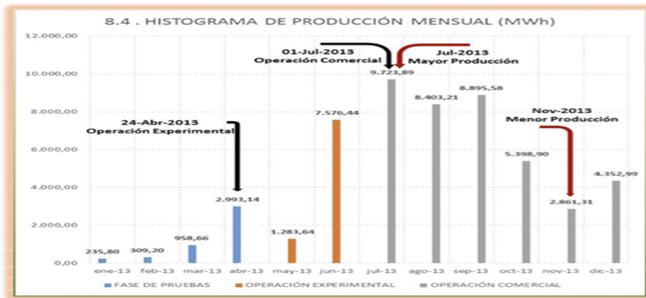


Figure 14. Histograma de la Producción de energía, año 2015 [20]

6) *Distribucion al SIN - Sistema interconectado Nacional (Ecuador):*

III. CONCLUSIONES

La Energía renovable en su totalidad es un recurso de vital importancia para el ser humano, por el casi desapercibido impacto ambiental pues bien esta aclarado que el uso de energías limpias benefician positivamente al planeta ya que de este forma se va utilizando en menos proporción los combustibles fósiles que son los que más daño causan por emanar gases a la atmosfera provocando el efecto invernadero es decir el calentamiento global. La idea de aplicar energías renovables con proyectos innovadores que cada día toman fuerza en el mundo en todas las áreas como: la eólica, geotermia, marítima, hidroeléctrica, solar; pues el objetivo es tratar de cambiar nuestras fuentes o matrices energéticas alrededor del mundo para no sufrir las consecuencias de los cambios climáticos debido a la contaminación ambiental. La energía eólica es una de las energías más cuidadosas con el medio ambiente y más prudente ya que no genera ningún efecto o residuo sobre el mismo, considerada así como la “energía limpia” que si se aprovechara en su totalidad de sus beneficios podríamos obtener más de 5 veces la energía necesaria que cada día mueve al planeta. La central eólica Villonaco es uno de esos proyectos innovadores generadores en Loja-Ecuador, tratando siempre de mejorar el cambio de la matriz energética y el cuidado del medio ambiente. Esta Central ubicado incentiva y nos muestra el cambio tanto ambiental como tecnológico, realizando mejoras indirectamente en vialidad y directamente en electrificación, infraestructura educativa, eje productivo, servicios básicos, ambientales, económicos y energéticos.

REFERENCES

- [1] Fuentes de Energías Renovables y Mitigación del cambio climático, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, 2008 [online]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf.
- [2] Luis Merino, Las Energías Renovables. Energy Management Agency.2004 [online]. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos.pdf>
- [3] Roosvlet Israel Bustos Valarezo. Asistente de comunicación. CELEC-EP, Gensur.
- [4] Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias SA, Primera edición, 2008 [online] Disponible en: <http://www.ciencianaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- [5] Las Energías Renovables son el Futuro, Jose Santamarca, Director de World Watch, 2004 [online]. Disponible en: <http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/Renovables.pdf>
- [6] Gestión ambiental para la industria, Instituto Nacional de Ecología de ecología, 1995-2000 [online] Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/256.pdf>
- [7] Energía Eólica, Curso de Física Ambiental, 2012 [online] Disponible en: https://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/FAA/EEOLICA_Febrero2012_G9.pdf.
- [8] Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, Ministerio de Minas y Energía.[online]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/PROLOGO.pdf>
- [9] Energías Renovables, Energía Eólica, Secretaría de Energía de Argentina, 2008 [online]. Disponible en: http://www.inti.gov.ar/enero/erTO/pdf/libro_energia_eolica.pdf
- [10] H Rodríguez, Las Energías Renovables y el MD, Primera Edición, 2012, Lima-Perú [online] Disponible en: http://guzlop-editoras.com/web_des/ener01/solarvolta/pld0487.pdf
- [11] Optimización del diseño de parques eólicos por medio de algoritmos genéticos y sistemas de información geográfica, Departamento de Ingeniería Eléctrica E.T.S.I.I., Universidad de La Rioja/ España, 2008 [online]. Disponible en: <http://www.aedie.org/11chlie-papers/178-Fernandez.pdf>
- [12] Juan Antezana, Energía eólica, 14/04/2004[online]. Disponible en: http://146.83.6.25/literatura/seminarios_charlas/Eolo2.pdf
- [13] Álvaro Lucas San Román , Diseño de un aerogenerador para uso particular, Universidad Carlos III de Madrid 2012/13 [online]. http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/20245/TFG_Alvaro_Lucas_San_Roman.pdf?sequence=1
- [14] Jaime Moragues y Alfredo Rapallini, Energía Eólica, Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”, 2003[online]. Disponible en: http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf
- [15] Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP-GENSUR, www.celec.gob.ec
- [16] Central Eolica Villonaco, Sección de Comunicación, CELEC EP-GENSUR
- [17] Ing. Enith Carrión Q, Jefe de Central Eólica Villonaco, CELEC EP GENSUR, 15-05-2014, [online] Disponible en : <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/ForosClimaticos/Foros%20Nacionales/2014/N%20Foro/PRESENTACION%204%20CELEC%20%20VILLONACO.pdf>
- [18] Proceso constructivo “Central Eólica Villonaco”, CELEC GP-GENSUR, [online]. Disponible en: <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/cev/centro>
- [19] Ing. Paul Castillo, Jefe de Eléctricos, EERSA.
- [20] Ministerio de electricidad y Energía Renovable, CENACE [online]. Disponible en: <http://www.cenace.org.ec>