

Revisión Documental de la Energía Eólica para la Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador

Luis Alberto Uvidia Armijo¹

la.uvidiaa@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1967-2494>

Universidad Estatal Amazónica

Puyo, Ecuador

Joseline Uriana Masaquiza Masaquiza

amb2017220@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5794-0875>

Universidad Estatal Amazónica

Puyo, Ecuador

Jenny María Paladines Carrión

amb2017320@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4212-4154>

Universidad Estatal Amazónica

Puyo, Ecuador

María Gabriela Moyano Jácome

maria.moyano@esepoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5460-1328>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, Ecuador

RESUMEN

La presente investigación estudia las nuevas fuentes de energía renovables aplicables en el País como es la energía eólica, pues existen escasos estudios sobre el tema, que sustente por medio de una investigación científica tecnológica todas las etapas de la generación, acumulación y distribución. Objetivo. Revisar de forma documental la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador. Metodología. El método aplicado fue con un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, exploratorio y documental. Resultados. En los resultados obtenidos de la investigación documental se revisaron las tasas de producción de energía eólica que se dan en las diferentes plantas de producción del País en el cantón San Cristóbal en la central “Eólico San Cristóbal” se tiene 2,4 MW y en el cantón Baltra en la central “Baltra Eólico” se cuenta con una generación de 2,25 MW; posteriormente, en la provincia de Loja en la “Central Villonaco” se genera 16,50 MW, la generación eléctrica bruta a nivel nacional para el año 2021 es de 32.206,88 GWh. Conclusión. Se concluyo que el Ecuador posee las condiciones adecuadas para incrementar no únicamente su capacidad sino las plantas que posee; siendo este estudio un aporte al análisis del contexto de su desarrollo dentro del país.

Palabras clave: energía eólica; energía eléctrica; ecuador; ambiente; energía renovable

¹ Autor principal.

Correspondencia: la.uvidiaa@uea.edu.ec

Documentary Review of wind Energy for the Generation of Electrical Energy in Ecuador

ABSTRACT

The present investigation studies the new renewable energy sources applicable in the country, such as wind energy, since there are few studies on the subject, which support all the stages of generation, accumulation and distribution through technological scientific research. Goal. Documentary review of wind energy for the generation of electrical energy in Ecuador. Methodology. The method applied was with a quantitative approach with a descriptive, exploratory and documentary scope. Results. In the results obtained from the documentary research, the wind energy production rates that occur in the different production plants of the country in the San Cristóbal canton were reviewed in the "Eolic San Cristóbal" power plant, it has 2.4 MW and in the Baltra canton in the "Baltra Eólico" plant has a generation of 2.25 MW; subsequently, in the province of Loja in the "Villonaco Power Plant" 16.50 MW is generated, the gross electricity generation at the national level for the year 2021 is 32,206.88 GWh. Conclusion. It was concluded that Ecuador has adequate conditions to increase not only its capacity but also the plants it has; this study being a contribution to the analysis of the context of its development within the country.

Keywords: wind power; electric power; ecuador; atmosphere; renewable energy

*Artículo recibido 20 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 30 diciembre 2023*

INTRODUCCIÓN

El incremento de la contaminación en el mundo en los últimos años ha provocado la búsqueda de alternativas en fuentes de energía, para la generación de electricidad sin efectos negativos sobre el ambiente; una de estas alternativas y la más empleada en los últimos años es la energía eólica, la cual utiliza la fuerza del viento para mover aerogeneradores que producen energía eléctrica de forma natural (Beltrán-Telles, y otros, 2017).

La presente investigación estudia las nuevas fuentes de energía renovables aplicables en el País como es la energía eólica, pues existen escasos estudios sobre el tema, que sustente por medio de una investigación científica tecnológica todas las etapas de la generación, acumulación y distribución. Hace unos años, el Ecuador presentó problemas de deficiencia en cuanto al abastecimiento de energía eléctrica durante ciertos meses del año 2009 y 2010, de ahí que, se han puesto en marcha diversos proyectos para la generación de energía eléctrica por parte de los gobiernos ecuatorianos de turno, con el fin de abastecer las necesidades de la población.

Dentro del País, se ha incrementado la capacidad instalada de energía eléctrica a 8826,89 MW por medio del 59,84% de fuentes renovables y 40,16% no renovables, cuya cobertura alcanza al 97,05% de su demanda actual a precios accesibles para los ciudadanos; sin embargo, este incremento productivo se realizó únicamente a través de la incorporación de centrales hidroeléctricas que han disminuido la pérdida de energía al 11,40% y permitido la exportación de energía de 255,6 GWh a Colombia y Perú (MINEM, 2020).

Sin embargo, a pesar de estos resultados positivos, un estudio de la Universidad de Londres muestra que las centrales hidroeléctricas del País se encuentran vulnerables por la descarbonización y el riesgo climático que amenazan sus instalaciones, funcionamiento y la capacidad de generación de las mismas; además del 0,01% de efecto invernadero que producen y que no cumple con el compromiso climático ofrecido por el gobierno (Carvajal, y otros, 2019). De manera que, el País requiere analizar nuevas formas de generación de energía eléctrica más sustentables con el ambiente como la energía eólica, ya que, apenas representa 78,36 GWh (0,32%) de la producción eléctrica nacional (MINEM, 2020).

El objetivo principal de la investigación es revisar de forma documental la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, mediante la recopilación historial del potencial de energía de centrales de generación eólica, las cuales provienen de fuentes de energías renovables del País.

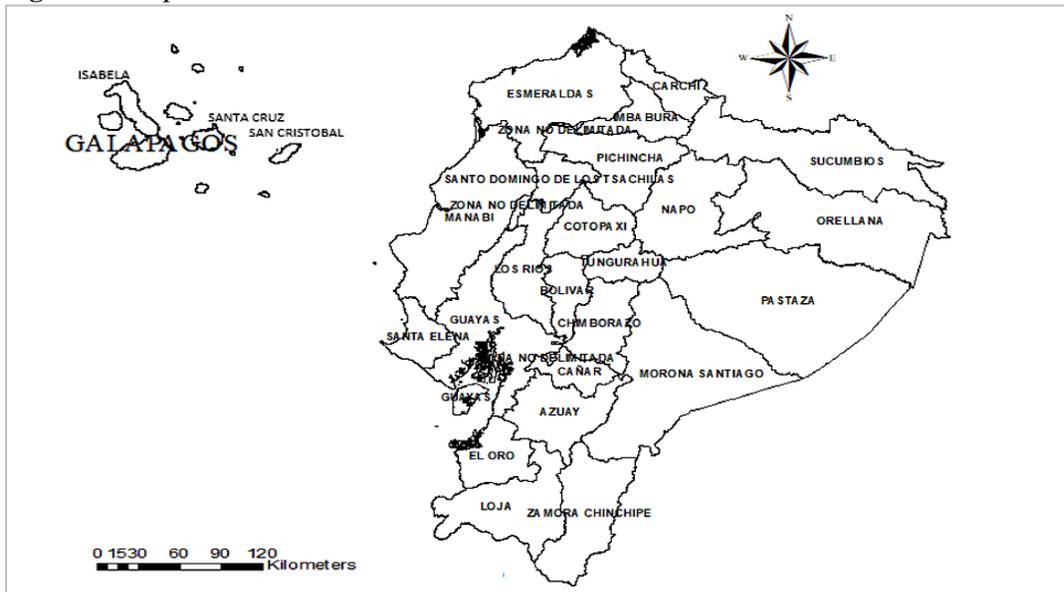
Entre las principales limitaciones que detienen el desarrollo del uso de energía eólica para la generación de electricidad en el Ecuador, es el costo inicial que implicaría la construcción de una planta de generación y la conexión de redes inteligentes desde una zona geográfica adecuada para el funcionamiento de la planta para la distribución de la energía a todo el País (Luckow, y otros, 2015).

Siendo los beneficiarios directos del estudio la ciudadanía, quienes a través del mismo pueden observar las alternativas de generación de energía eléctrica de forma sustentable con el medio ambiente, ya que, puede ser implementada en lugares de difícil acceso a la red eléctrica existente actualmente.

METODOLOGÍA

El estudio es de enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo, exploratorio y documental. La investigación está basada en revisiones bibliografías de diversas fuentes en inglés y español (primarias y secundarias) de estudios referentes al tema, presentando características y hallazgos sobre la información relevante del análisis de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador que se desarrollan. El presente trabajo de investigación se realizó en el Ecuador, se encuentra ubicado en la costa noroccidental de América del Sur, sobre la línea ecuatorial, cuyos límites geográficos son: al norte con Colombia, al sur y al este con Perú. Al oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra en las coordenadas - 77.5000000 longitudes y -2.0000000 latitudes, dividido en cuatro regiones: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos, habitado por 17.973.296 personas.

Figura 1. Mapa del Ecuador



Se realizó la búsqueda de información en relación al tema de estudio de la energía eólica, en las diferentes bases de datos como Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil), ScienceDirect (Reed Elsevier; Países Bajos), Redalyc (UAEM; México) y el buscador de documentación Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc.; USA). Se incorporaron criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- Fecha de la Información publicada: 2017-2022.
- Palabras claves como: energía eólica.
- Artículos en español e inglés.
- Artículos nacionales e internacionales.
- Artículos académicos.
- Artículos científicos.
- Documentos de tesis relacionados con la energía eólica.
- Libros.

Criterios de exclusión

- Se excluyeron búsquedas de sitios Web como: Facebook, Wikipedia, Blogs ,entre otros.
- Artículos incompletos.
- Fuentes de información no confiable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Situación actual de Ecuador

Según ARCERNNR (2022), la población ecuatoriana ha ido aumentando a diferencia de otros años y con ello el consumo de energía eléctrica, ya que, es primordial la generación de energía dentro del desarrollo del País, puesto que, es un insumo de gran importancia, de modo que, permite su fortalecimiento para las diferentes actividades tanto sociales, económicas, de salud, educativas y políticas, a fin de garantizar el cumplimiento de las necesidades de los ecuatorianos, aparte de ello, el dióxido de carbono se ha reducido, actualmente se generan 1,9 toneladas por habitante de CO₂. Ver Tabla 1.

En el año 2015 el País obtuvo una producción bruta de energía de 25.069 GWh, sin embargo, para el año 2021 se generó un incremento de 32.206.88 GWh de los cuales 363.80 GWh fueron importadas desde otros países para suplir la demanda energética del País, además, se exportaron 524.13 GWh, de modo que, generó un producto interno bruto del 4,9%, con un suministro de electricidad y agua de 26,9 %, alojamiento y servicio de comida 19,4 %, la acuicultura y pesca de camarón el 22,2%, transporte 10,8% , comercio 10,2% y para la pesca el 11,8%.

Tabla 1. Datos generales del Ecuador.

		2021	2015
	Población	17.283.338	16.210.000
	Emisión de CO ₂ por habitante en toneladas métricas	1,9	2,64
Energía	Producción bruta de energía eléctrica	32.206,88 GWh	25.069 GWh
y	Energía Importada desde Colombia	363,80 GWh	511,81 GWh
Ambiente	Exportación	524,13 GWh	46,18 GWh
	Producto Interno Bruto	4,9 %	0,30 %
Actividades	Suministro de electricidad y agua	26,9%	7,90%
Económicas	Alojamiento y servicios de comida	19,4%	1,67%
	Acuicultura y pesca de camarón	22,2%	13,8%
	Transporte	10,8%	0,11%
	Comercio	10,2%	0,7%
	Pesca	11,8%	0,33

Fuente: (BCE, 2022). Elaborado por: (Masaquiza & Paladines, 2022)

Sector energético ecuatoriano

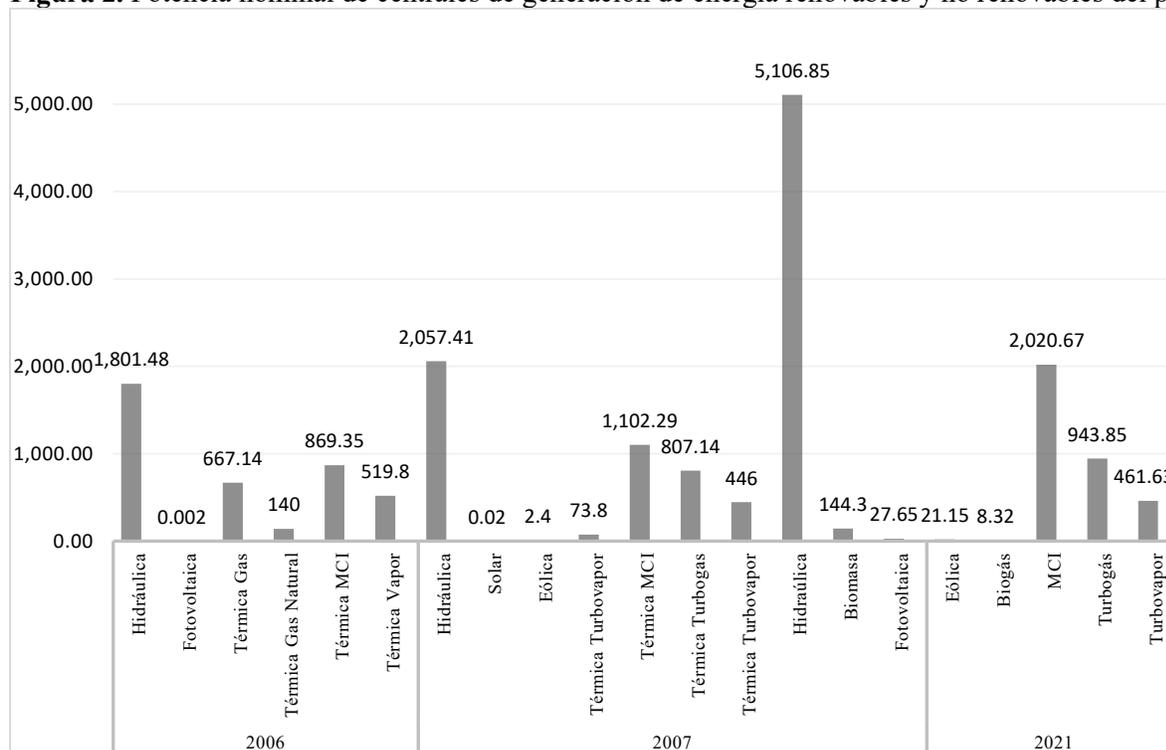
El sector energético del Ecuador corresponde a centrales de diferentes fuentes de energías, en el año 2006, el 10% corresponde a las fuentes renovables, la producción hidráulica es la más utilizada y el 89% representa a fuentes no renovables de la producción total de energía eléctrica, se observa que dentro de la producción de energía casi la mitad es de origen hidráulico.

De acuerdo a CONELEC (2006), en el año 2007 se generó una energía bruta de 18.197,52 GWh, con un potencial nominal total de 4.889,05 MW, dentro de la estadística del sector eléctrico ecuatoriano, las energías renovables representaron una energía bruta de 9,038, las cuales se generan de fuentes inagotables como: hidroeléctrica, solar, térmica turbo vapor, incluso se cuenta con la presencia de una central de energía eólica, de tal manera que produce una potencia nominal de 2,40 MW y en cuanto a las energías no renovables se obtuvo el 8.298,02 GWh de energía bruta.

El análisis estadístico del año 2021 muestra diferentes tipos de energías renovables, que son representados por el 60,77 % y las no renovables con el 39,23 %, de la capacidad total, la de mayor predominancia se encuentra en las energías renovables como la energía hidráulica con un valor de 5,106,85 MW con el 96,21 %, en segundo lugar, la de mayor predominancia se encuentran en las energías no renovables MCI (motores de combustión interno) con 2.020,67 MW representando el 58,98%.

En el año 2007 la energía eólica presentó una potencia nominal de 2,40 MW, el cual represento el 0,06% a comparación del año 2021 en donde la energía eólica generó 1,15 MW con un porcentaje de 0,40, dando a ver un mayor incremento, sin embargo, las demás fuentes de energía también presentan un incremento lo cual beneficia al ambiente y al País (ARCERNNR, 2022). Actualmente se encuentran más proyectos de centrales eólicas en marcha en el Ecuador, para cubrir la demanda energética.

Figura 2. Potencia nominal de centrales de generación de energía renovables y no renovables del país.



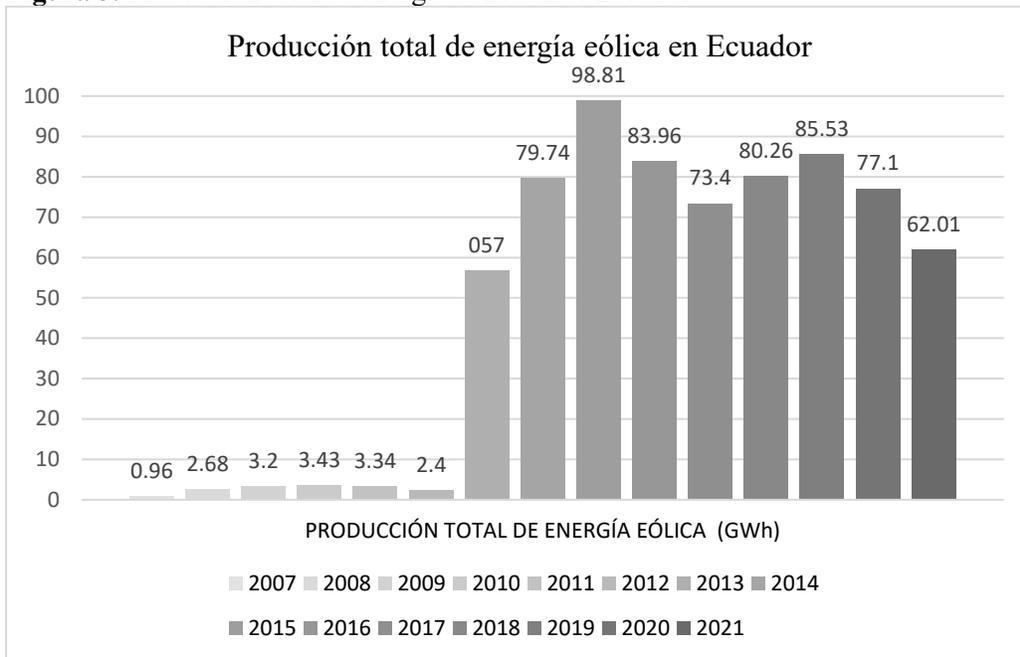
Fuente: (ARCERNNR, 2022); (CONELEC, 2007); (CONELEC, 2008). Elaborado por: (Masaquiza & Paladines, 2022).

Generación de energía eólica a nivel Nacional.

Se investiga la potencia nominal de la energía eólica que se basa principalmente en el viento, formando parte de las fuentes renovables, dentro del País ha tomado lugar desde el año 2007 donde generó por primera vez 0,96 GWh a nivel nacional, desde entonces esta energía ha ido aumentando su capacidad, en el año 2013 presentó un gran incremento de energía a diferencia de los años anteriores generando un potencial de energía de 56,70 GWh.

Este tipo de energía tuvo su mayor auge en el año 2015, generó una alta tasa de producción de energía eólica correspondiente al 98,81 GWh gracias a la central Villonaco, debido a las condiciones óptimas que se presentó en ese entonces, en los años siguientes la energía eólica ha presentado altas y bajas producciones por la presencia de nuevas fuentes de energías renovables.

Figura 3. Producción total de energía eólica en el Ecuador.



Fuente: (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). Elaborado por: (Masaquiza & Paladines, 2022)

Centrales eléctricas eólicas del Ecuador

Eólica San Cristóbal

La central eólica San Cristóbal se encuentra ubicada en el cerro Tropezón, en la Isla San Cristóbal, en la provincia de Galápagos, el 1 de Octubre del 2007 entro en operación, presenta una capacidad total de generación de 2,4 MW en donde presenta en su instalación de tres aerogeneradores de modelo AE-59, donde cada uno presenta una potencia nominal de 800 KW, además, constituye un 32% de la demanda eléctrica de la isla, de esta forma ayuda a reducir el consumo de diésel en 133.000 galones de diésel/año y por ende ayudara a reducir las emisiones de 997 toneladas de CO2 anuales, además, la central eólica tiene como uno de sus objetivos más importantes el de sustituir la generación de diésel (MINEM, 2022).

Eólico Baltra

La central Eólico Baltra se encuentra ubicado en la cabecera sur del aeropuerto, a unos 60 msnm, en la provincia de Galápagos, el 22 de diciembre del 2014 entro en operación, presenta una capacidad de 2.25 MW y se encuentra constituido por tres aerogeneradores con una capacidad de 750 KW cada uno, permitiendo abastecer a la isla Baltra, Puerto de Ayora y la Isla de Santa Cruz; esta central permite la

reducción de 206,580 galones de diésel. Además, presenta una la velocidad del viento anual de 6 con una altura de 40 m/s. Adicionalmente presento una línea de trasmisión de 50 Km a 34,5 Kv con el propósito de generar menor impacto al ambiente (Pazmiño-Cuenca, 2019).

Villonaco

La Central Eólica Villonaco es la primera central eólica dentro del país continental, se encuentra ubicado en la provincia de Loja, entre los cantones Loja y Catamayo, a una altura de 2.720 m.s.n.m., está operando desde el 2 de enero del 2013 de una manera continua hasta la actualidad; esta central cuenta con 11 aerogeneradores de 1,5 MW, durante el año 2015 supero los resultados esperados ya que genero el 52% más de lo previsto debido a la relación que se da entre la energía real producida y la energía máxima en condiciones ideales, así lograron producir un factor alto a comparación de los demás aerogeneradores instalados por Golwing a nivel global (MINEM, 2022).

Ubicación y tipo de empresas de las centrales eólicas.

Eraso y otros (2017), manifiestan que desde el año 2007 la generación de electricidad basada en energía eólica ha tomado lugar en el País, dentro de estas se han distinguido dos tipos de empresas las distribuidoras y las generadoras, estas empresas llamadas Eolicisa, CELEC-Gen Sur y E.E. Galápagos encargadas de utilizar la energía cinética generada por los vientos, con el fin de lograr la rotación de los sistemas de aspas para producir energía eléctrica por medio de generadores.

Por consiguiente, el Ecuador cuentan con tres parques eólicos: la primera central se encuentra instalada fuera del continente denominado Eólica San Cristóbal, ubicado en el cerro Tropezón, de la isla de San Cristóbal la segunda central se llama Baltra Eólico se encuentra instalada en la cabecera sur del aeropuerto y por otro lado se cuenta con la primera central instalada dentro del continente ecuatoriano la cual lleva el nombre de central eólica Villonaco.

Tabla 2. Tipo de empresas y ubicación de las centrales eólicas.

Año	Tipo de Empresa	Empresa	Provincia	Nombre de Central
2007	Distribuidora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2008	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2009	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2010	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2011	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2012	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2013	Generadora	CELEC-Gen Sur	Loja	Villonaco
		Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
2014	Generadora	CELEC-Gen Sur	Loja	Villonaco
	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra
2015	Generadora	CELEC-Gensur	Loja	Villonaco
	Generadora	Eolicsa	Galápagos	San Cristóbal
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra Eólico
2016	Generadora	CELEC-Gensur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra
2017	Generadora	CELEC-Gen Sur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra San Cristóbal
2018	Generadora	CELEC-Gen Sur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra San Cristóbal
2019	Generadora	CELEC-Gensur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra San Cristóbal
2020	Generadora	CELEC-Gensur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra
		E.E. Galápagos	Galápagos	San Cristóbal
2021	Generadora	CELEC-Gensur	Loja	Villonaco
	Distribuidora	E.E. Galápagos	Galápagos	Baltra San Cristóbal

Fuente: (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). Elaborado por: (Masaquiza & Paladines, 2022)

Generación eólica de potencia a nivel nacional.

Las centrales eólicas a partir del año 2007 hasta el año 2022 han generado una potencia nominal en rangos que varían de 2,40 MW a 17,16 MW, en cuanto a la potencia efectiva los valores se encuentran entre 2,40 MW, 2,25 MW Y 16,50 MW, debido a las necesidades básicas que requiere la población, la producción total de energía ha ido incrementando con el paso del tiempo.

Para obtener el resultado de la producción total de energía a nivel nacional se suma las importaciones acordadas al año en que se esté trabajando, los países que más energía se importa son Perú y Colombia, el año 2011 fue en el que se dio una mayor importación de energía de 1.294,59 GWh, y el año que menor importancia tuvo fue en el año 2019 con 5,83 GWh.

Tabla 3. Potencia nominal, efectiva, producción e importación total de energía a nivel nacional.

Año	Nombre de Central	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Producción total de energía a nivel nacional (GWh)	Importación de energía (GWh)
2007	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	18.197,52	860,87
2008	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	19.108,6	500,16
2009	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	18.569,05	1.120,43
2010	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	19.509,85	872,90
2011	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	20.544,14	1.294,59
2012	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40	22.847,72	662,34
2013	Villonaco	17,16	16,50	23.260,40	662,34
	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40		
2014	Villonaco	16,50	16,50	24.307,21	836,74
	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40		
2015	Baltra Eólico	2,25	2,25	25.950,1	511,81
	Villonaco	16,50	16,50		
	Eólica San Cristóbal	2,40	2,40		
2016	Baltra Eólico	4,65	4,65	27.313,86	81,66
	Villonaco	16,50	16,50		
2017	Baltra Eólico	2,25	2,25	28.032,91	18,52
	San Cristóbal	2,40	2,40		
2018	Villonaco	16,50		29.243,59	106,08
	Baltra Eólico	2,25	2,25		
	San Cristóbal	2,40	2,40		

2019	Villonaco	16,50	16,50	32.283,96	5,83
	Baltra Eólico	2,25	2,25		
	San Cristóbal	2,40	2,40		
2020	Villonaco	16,50	16,50	31.248,00	250,79
	Baltra Eólico	2,25	2,25		
	San Cristóbal	2,40	2,40		
2021	Villonaco	16,50	16,50	32.206,88	363,80
	Baltra Eólico	2,25	2,25		
	San Cristóbal	2,40	2,40		

Fuente: (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). Elaborado por: (Masaquiza & Paladines, 2022).

DISCUSIÓN

Según ARCERNNR (2022), el 84% de la capacidad instalada mundial de 433 GW, está distribuida en 10 países como China (144,83 GW), Estados Unidos (74,14 GW), Alemania (44,83 G), India (25 GW), España (22,4 GW), Inglaterra (13,79 GW), Canadá (10,69 GW), Francia (9,48 GW), Italia (8,62 GW) y Brasil (8,62 GW), lo que implica que el resto de naciones tiene una capacidad de 70,6 GW; (Beltrán-Telles, y otros , 2017); el Ecuador representa 21,15 MW de potencia nominal que es el 0,40% del total de energía eléctrica generada en el País.

ARCERNNR (2022), manifiesta que el Ecuador a incrementado la capacidad instalada de las centrales eólicas existentes de 2,40 MW del 2007 a 21,15 MW en el 2021. Por tanto, el gobierno y entes responsables han priorizado la creación de nuevas infraestructuras que permiten potencializar la energía eólica como fuente de energía renovable del País.

CONCLUSIONES

Para la revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, se hizo una recopilación histórica del potencial de energía de las centrales de generación con fuentes de energía renovable del País, al revisar se obtuvo como resultado tres centrales eléctricas eólicas en funcionamiento como son: San Cristóbal que genera 2,4 MW, Baltra 2,25MW y Villonaco 16,50 MW siendo esta hasta el momento el proyecto más grande con el que cuenta el país para la generación eléctrica de este tipo. Por otra parte, es importante mencionar que el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), encargado de la creación,

manejo y dirección de proyectos eléctricos, centra sus operaciones principales en energía eléctrica obtenida por medio de sistemas hídricos 96,21%, manteniendo a la energía eólica como proyecto alternativo de menor impacto.

Este desarrollo ha provocado que, dentro del marco internacional, el Ecuador sea considerado uno de los países con mayor alcance en el abastecimiento de energía eléctrica (97,05%) y apenas el 0,06% representa a la energía eólica, sin embargo, el País a incrementado su capacidad de generación eléctrica de las centrales eólicas existentes de 2,40 MW del 2007 a 21,15 MW en el 2021, ya que, las redes hidroeléctricas constituyen la mayor parte de la conexión eléctrica del País.

Por otra parte, las plantas de energía eólica actuales han incrementado su producción y capacidad en el País, puesto que, es una alternativa viable económicamente y ambientalmente, ya que, presenta valores más bajos en las externalidades negativas a comparación de otras fuentes de energía renovables, donde se deben evaluar el sitio, las estaciones meteorológicas para el cumplimiento de las normas de medición de viento requeridas, cuya valoración depende del tiempo, estaciones, entre otras.

Finalmente, los resultados históricos de las plantas de energía eólica existentes demuestran su factibilidad como fuente de energía eléctrica, cuyo potencial está siendo descubierto en países desarrollados como China, Alemania, entre otros; por lo que, en base a los registros obtenidos el Ecuador posee las condiciones adecuadas para incrementar no únicamente su capacidad sino las plantas que posee; siendo este estudio un aporte al análisis del contexto de su desarrollo dentro del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARCERNNR. (noviembre de 2020). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2019. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables:

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/Estad%C3%ADstica-2019-nuevologo-small.pdf>

ARCERNNR. (2021). Atlas del sector eléctrico ecuatoriano. Obtenido de Agencia de Regulación y control de Energía y Recurso Naturales Renovables (ARCERNNR):

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Atlas2021.pdf>

ARCERNNR. (junio de 2021). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2020. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR):

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>

ARCERNNR. (marzo de 2022). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2021. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (octubre de 2015). Indicadores del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2014. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (septiembre de 2016). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2015. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (julio de 2017). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2016. doi: SBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (septiembre de 2018). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2017. doi: ISBN: 978-9942-07-948-0

ARCONEL. (agosto de 2019). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2018. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

BCE. (31 de marzo de 2022). La economía ecuatoriana creció 4,2% en 2021, superando las previsiones de crecimiento más recientes. Obtenido de Banco Central del Ecuador (BCE):

<https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1482-la-economia-ecuatoriana-crecio-4-2-en-2021-superando-las-previsiones-de-crecimiento-mas-recientes#:~:text=El%20Producto%20Interno%20Bruto%20>

- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Monteaquedo, F., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. Redalyc, 11(2), 105-117. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441949672008.pdf>
- Blanco, T. (12 de mayo de 2021). ¿Qué es un parque eólico? Así funciona para generar energía eléctrica. Obtenido de Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA): <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-un-parque-eolico-asi-funciona-para-generar-energia-electrica/>
- Bueno-López, M., Barrero-Leal, D. F., & Garzón-Lemos, S. Y. (abril de 2015). Sistema de Control para aerogeneradores empleando Lógica difusa. Obtenido de Grupo de Investigación AVARC. Universidad de la Salle Bogotá.: https://www.researchgate.net/publication/321807468_Sistema_de_Control_para_Aerogeneradores_Empleando_Logica_Difusa
- Carvajal, P., Li, F., Soria, R., Cronin, J., Annadarajah, G., & Mulugetta, Y. (2019). Large hydropower, decarbonisation and climate uncertainty: Modelling power sector pathways for Ecuador. Elsevier, 86-99. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2211467X18301202?token=7D27DCBA713E750DB08946CE9690603A84297D63A25BBC8E6496720F69578F8EACB49A6894317FE2C35758794AA5F253&originRegion=us-east-1&originCreation=20220607165829>
- CELEC EP. (2019). ¿Qué es la Energía Eólica? Obtenido de Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP): <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/contacto/direccion/2-uncategorised/47-que-es-la-energia-eolica>
- CONELEC. (abril de 2007). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2006. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2006.pdf>

CONELEC. (abril de 2008). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2007. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2007.pdf>

CONELEC. (abril de 2009). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2008. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2008.pdf>

CONELEC. (mayo de 2010). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano año 2010. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2009.pdf>

CONELEC. (agosto de 2011). Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2010. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2010.pdf>

CONELEC. (diciembre de 2012). Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2011. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Bolet%C3%ADn-Estad%C3%ADstico-Sector-El%C3%A9ctrico-2011.pdf>

CONELEC. (2013). Estadística del sector eléctrico ecuatoriano Año 2012. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad : <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estadistica-Sector-Elctrico-2012.pdf>

CONELEC. (2014). Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2013. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC):

- <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-del-Sector-EI%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2013.pdf>
- CRE. (01 de agosto de 2018). Constitución de la República del Ecuador (CRE). Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008. Reforma 0q de agosto 2018. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Creus-Solé, A. (2014). Energías Renovables (Segunda Edición ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. doi:ISBN 978-958-762-206-5
- EPEC. (2020). La energía eólica. Buenos Aires: EWEA-EPEC. Obtenido de <https://epcc.com.ar/docs/educativo/institucional/eolica.pdf>
- Eraso-Checa, F., Escobar-Rosero, E., Paz, D. F., & Morales, C. (2017). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de energía eólica en Túquerres -Nariño. Revista Científica Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 31(1), 19-31. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.12304>
- Generadoras Chile. (2021). Energía Eólica. Obtenido de Generadoras Chile: <http://generadoras.cl/tipos-energia/energia-eolica#:~:text=Tipos%20de%20centrales%20e%C3%B3licas.%20Para%20clasificar%20las%20centrales.diferencia%20entre%20turbinas%20de%20eje%20horizontal%20y%20vertical.>
- Gutiérrez, D., & Lozano, M. (2017). Implementación de emulador de turbina eólica. Jóvenes en la ciencia III, 2134-2138.
- GWEC. (2020). Grow of wind power capacity from 2021 al 2025 by region. Obtenido de Global Wind Energy Council GWEC: <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>
- IMFICA. (2020). Sistemas Eólicos. Obtenido de IMFICA: <https://www.imfica.com/sistemas-eolicos/#:~:text=SISTEMAS%20EOLICOS.%20Un%20recurso%20renovable%20son%20los%20flujos,ser%20perfectamente%20aprovechada%20para%20hacer%20girar%20un%20generador.>

- Jijón, D., Constante, J., Moya, M., & Guerrón, G. (2015). Métodos para homogenizar y rellenar datos de viento de la torre meteorológica del Parque Eólico Villonaco en Loja - Ecuador. (C. Zambrano, Ed.) 7(2), 40-48. Obtenido de Revista Avances en Ciencias e Ingenierías. Quito - Ecuador: https://www.academia.edu/37071437/M%C3%A9todos_para_homogenizar_y_rellenar_datos_de_viento_de_la_torre_meteorol%C3%B3gica_del_Parque_E%C3%B3lico_Villonaco_en_Loja_Ecuador
- LOSPEE. (14 de enero de 2015). Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE). Registro Oficial Suplemento 418 de 16 de enero del 2015. Obtenido de Asamblea Nacional: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento-Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%ABlico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>
- Luckow, P., Fagan, B., Fields, S., & Whited, M. (2015). Technical and institutional barriers to the expansion of wind and solar energy. Synapse Energy.
- Masaquiza, J. U., & Paladines, J. M. (2022). Análisis de Energía Eólica para la generación de Energía Eléctrica en el Ecuador. Universidad Estatal Amazonica.
- Mendoza-Uribe, I. (2018). Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero. 22(3), 30-46. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/467/46759491003/movil/>
- MINEM. (2 de enero de 2020). Transformación y Situación actual del Sector Eléctrico. Obtenido de El Ministerio de Energía y Minas (MINEM): <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>
- MINEM. (mayo de 2022). Central Eólica "Villonaco". Obtenido de Ministerio de Energía y Minas (MINEM): <https://www.rekursyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/>
- MINEM. (2022). Nueva Central de Generación en Galápagos beneficiará a 8000 ciudadanos de la Isla San Cristóbal. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas (MINEM): <https://www.rekursyenergia.gob.ec/nueva-central-de-generacion-en-galapagos-beneficiara-a-8-000-ciudadanos-de-la-isla-san-cristobal/>

- Parraga, A. R., Velasco, D., Intriago-Rodriguez, S. A., & Zambrano-Gavilanez, F. (julio de 2019). Produccion de energía eólica. Obtenido de Revista de Ciencia Digital:
https://www.researchgate.net/publication/334299217_Produccion_de_energia_eolica_en_Ecuador
- Pazmiño-Cuenca, C. G. (2019). Evaluación del recurso Solar y Eólico de la Isla Baltra y Santa Cruz frente al consumo de combustibles Fósiles. Obtenido de Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE): <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21600/1/T-ESPE-038993.pdf>
- PETROENERGÍA. (12 de octubre de 2021). CELEC realiza estudios de nuevos proyectos de generación eléctrica a partir del viento. Obtenido de Petroleo y Minas del Sector Electrico (PETROENERGÍA):
<https://www.petroenergia.info/post/celec-realiza-estudios-de-nuevos-proyectos-de-generacion-elctrica-a-partir-del-viento>
- Puerta-León, A. (02 de octubre de 2018). Análisis de curvas de velocidad de viento y altura: Propuesta de identificación de patrones. Obtenido de Biblioteca de la Universidad Politecnica de Cartagena - Colombia: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7361>
- REG-LOSPEE. (21 de agosto de 2019). Reglamento a la ley Orgánica del Servicio Público de Energía Electrica. Decreto Ejecutivo 856. Registro Oficial Suplemento 21 de agosto del 2019. Obtenido de Asamblea Nacional:
<https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/REGLAMENTO%20A%20LA%20LEY%20ORG%20NICA%20DEL%20SERVICIO%20P%20ABLICO%20DE%20ENERG%20DA%20EL%20CTRICA.pdf>
- REG-LRSE. (09 de abril de 2007). Reglamento a la Ley de Regimen del Sector Electrico (LRSE). Decreto Ejecutivo 2066. Registro Oficial Suplemento 401 de 21 de noviembre del 2006. Reforma 09 abril 2007. Obtenido de
https://www.celec.gob.ec/hidronacion/images/PDF/la_empresa/normativas/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-DE-R%20GIMEN-DEL-SECTOR-EL%20CTRICO.pdf

- Reve. (11 de agosto de 2010). La energía Eólica en el Ecuador. Obtenido de Eólica Wind EVW:
<https://www.evwind.com/2010/08/11/la-energia-eolica-en-ecuador/>
- Robles-Guerrero, F. G. (23 de marzo de 2017). Impactos a la Biodiversidad por Parques Eólicos en el Noreste de México. doi:<https://doi.org/10.29105/pgc3.6-3>
- Sanchez-Soto, J. R., Téllez-Anguiano, A. d., Escobar-Jimenez, R. F., Chávez-Campos, G. M., & Gutiérrez-Gnecchi, J. A. (2017). Sistema de análisis y vibraciones aplicado a la detección de fallas en aerogeneradores. Ingeniería, investigación y tecnología, XX(3), 1-13. doi:
<https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2019.20n3.028>
- WWEA. (18 de marzo de 2022). World Market for Wind Power Saw Another Record Year in 2021: 97,3 Gigawatt of New Capacity Added. Obtenido de World Wind Energy Association:
<https://wwindea.org/world-market-for-wind-power-saw-another-record-year-in-2021-973-gigawatt-of-new-capacity-added>