



*Análisis de Resultados Obtenidos Mediante la Estación Meteorológica Ambient
Weather ws – 2902 para Implementar un Sistema de Generación Eléctrica*

*Analysis of Results Obtained Through the Meteorological Station Ambient
Weather ws - 2902 to Implement an Electric Generation System*

*Análise dos Resultados Obtidos pela Estação Meteorológica Ambiental ws - 2902
para Implementação de um Sistema de Geração de Energia*

Carlos Alberto Gallardo-Naula^I
carlos.gallardo@istcarloscisneros.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3724-8216>

Guido Hernán Cantuña-Adriano^{II}
guido.hernan@istcarloscisneros.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1221-3615>

Javier Enrique Palacios-Naranjo^{III}
javier.palacios@istcarloscisneros.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0655-5993>

Ángel Antonio Chimborazo-Aucanshela^{IV}
angel.chimborazo@istcarloscisneros.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3427-5864>

Correspondencia: carlos.gallardo@istcarloscisneros.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

***Recibido:** 04 de enero de 2022 ***Aceptado:** 31 de enero de 2022 * **Publicado:** 21 de febrero de 2022

- I. Ingeniero Industrial, Magíster en Diseño Mecánico, Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros, Investigador, Riobamba, Ecuador.
- II. Licenciado en Electricidad Electrónica, Máster Seguridad Industrial, Riobamba, Ecuador.
- III. Licenciado en Electricidad Electrónica, Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.
- IV. Licenciado en Electricidad Electrónica, Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue el análisis del impacto que ocasiona en la generación de energía renovable en el Sector de la Guardianía de Atillo - Parque Nacional Sangay zona alta sector Guamote Parroquia Cebadas a 90 Km de la Ciudad de Riobamba. De esta manera, se han realizado dos tipos de análisis el primero busca comprobar cambios progresivos, a través del análisis de datos mensuales de temperaturas máximas, mínimas, viento, humedad; utilizando una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados más una prueba F para determinar su significancia estadística. Para el segundo estudio se realizó el análisis del comportamiento de los eventos climáticos, sobre datos diarios en las variables de temperaturas máximas, mínimas y de viento, a través de la Estación Meteorológica Ambient Weather ws – 2902. Los resultados muestran incrementos en las tendencias y comportamientos anómalos que pueden considerarse consecuencia del cambio o variabilidad climáticos. La incidencia de esta investigación tiene como finalidad implementar una fuente de energía eólica limpia y libre de contaminación; y lo más importante, de fuentes primarias inagotables.

Palabras clave: Energía; Primarias inagotables; Eólica; Humedad.

Abstract

The objective of this research is to analyze the impact that it causes on the generation of renewable energy in the Guardianía de Atillo Sector - Sangay National Park high zone Guamote Parroquia Cebadas sector 90 Km from the City of Riobamba. In this way, two types of analysis have been carried out, the first one seeks to verify progressive changes, through the analysis of monthly data of maximum and minimum temperatures, wind, humidity; using a linear regression by the method of least squares plus an F test to determine its statistical significance. For the second study, the analysis of the behavior of climatic events was carried out, on daily data in the variables of maximum, minimum and wind temperatures, through the Meteorological Station Ambient Weather ws - 2902. The results show increases in trends and anomalous behaviors that can be considered a consequence of climate change or climate variability. It is for this reason that the intention of carrying out this work is to generate clean and pollution-free wind energy; and most importantly, from inexhaustible primary sources.

Keywords: Energy; Inexhaustible primary; Wind; Humidity.

Resumo

O objectivo da presente investigação foi a análise do impacto que provoca na geração de energia renovável no Sector da Tutela de Atillo - Sangay National Park sector da zona alta de Guamote Paróquia Cebadas a 90Km da Cidade de Riobamba. Desta forma, foram realizados dois tipos de análise, o primeiro procura verificar alterações progressivas, através da análise de dados mensais de temperaturas máximas e mínimas, vento, humidade; utilizando uma regressão linear pelo método dos mínimos quadrados mais um teste F para determinar o seu significado estatístico. Para o segundo estudo, a análise do comportamento dos eventos climáticos foi realizada com base em dados diários sobre as variáveis de temperatura máxima, mínima e eólica, através da Estação Meteorológica Ambiental ws - 2902. Os resultados mostram aumentos nas tendências e comportamentos anómalos que podem ser considerados uma consequência das alterações climáticas ou da variabilidade climática. A incidência desta investigação visa implementar uma fonte de energia eólica limpa e livre de poluição; e mais importante ainda, a partir de fontes primárias inesgotáveis.

Palavras-chave: Energia; Primária inesgotável; Vento; Humidade.

Introducción

El presente estudio de factibilidad se efectuó en la Guardianía de Atillo - Parque Nacional Sangay zona alta sector Guamote Parroquia Cebadas a 90Km de la Ciudad de Riobamba. Para el estudio se ha previsto, registrar los datos de la estación meteorológica durante tres meses: noviembre 2019 – enero 2020, con los datos obtenidos, se procede a realizar el análisis de factibilidad, para determinar el potencial eólico y solar del sector.

El estudio de factibilidad de generación eléctrica mediante energías renovables recalca que para saber si es posible la generación mediante energía eólica o solar en el sector mencionado, se instaló una estación meteorológica para el registro de datos y su posterior análisis (Prieto, 2014).

Posteriormente, se lleva a cabo el dimensionamiento del sistema eólico y solar, de tal forma que cubra la demanda eléctrica de la guardianía, para ello se realizó cálculos en el software Ambient Weather con los datos generados se efectuó en la hoja de cálculo de Excel con el objetivo de obtener datos reales.

Luego se realizará un análisis económico para cada sistema de generación eléctrica, determinando la viabilidad para su implementación.

Finalmente se determina la mejor opción de generación de energía eléctrica eólica o solar, que cubra las necesidades de generación eléctrica.

Antecedentes

En el país la generación de energía a partir del viento no está explotada y son muy escasas las empresas que se dedican a la importación de equipos eólicos, además el desconocimiento del mapa eólico y el no contar con suficientes datos de presencia de viento en las estaciones meteorológicas, es un limitante ya que no se conoce las horas de viento, por lo que se debe realizar un estudio propio en cada emplazamiento donde se vaya a realizar un proyecto eólico.

El estudio de la gran variedad de modelos, tipos y diseños de aerogeneradores permite preseleccionar los posibles modelos de generación con mayor eficiencia y al realizar un estudio técnico-económico se determinó la opción más apropiada para satisfacer la necesidad.

El diseño del sistema eólico de baja potencia se realiza en base a información técnica desarrollada por los países inmersos en el campo de los aerogeneradores.

Al emplear la energía eólica como fuente de principal para el consumo en un domicilio se concluye que es probablemente el método más bondadoso de generación de energía que se conoce, ya que no existe un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica quienes son los causantes del efecto invernadero y en consecuencia el calentamiento global, por lo que este tipo de energía es limpia, inagotable y renovable.

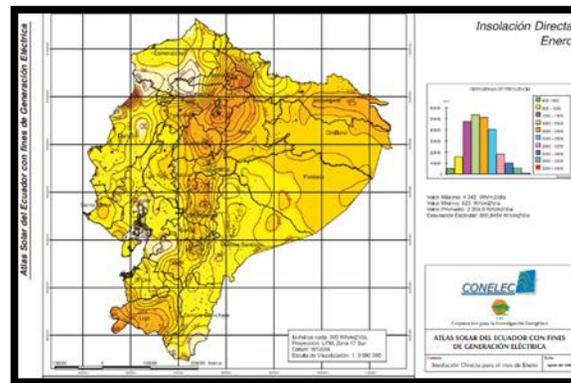
Atlas Solar del Ecuador

El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del Inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que se presentan en la actualidad demuestran un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural (Ecuador, 2015).

El diseño de políticas, estrategias y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías limpias que promuevan el desarrollo especialmente en zonas rurales, se fundamenta en su cuantificación, disponibilidad y distribución estacional en el territorio.

En ese sentido, la necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética es lo que ha motivado al Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, a presentar el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, que se puede observar en la figura 1, el cual ha sido elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE.

Figura N° 1: Atlas solar del Ecuador



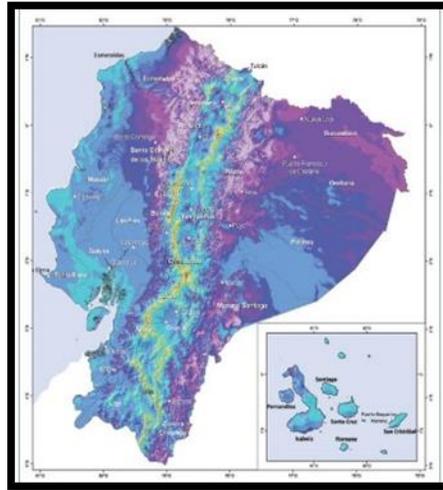
Fuente: Consejo Nacional de Electricidad

Atlas Eólico del Ecuador con fines de Generación Eléctrico

Hasta hace poco tiempo, únicamente se disponía de información provista por el ex INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación) y del ex INE (Instituto Nacional de Energía), con la cual se conocía de manera general áreas que presentaban condiciones de viento aparentemente favorables para emprender proyectos de aprovechamiento energético. De igual manera se contaba con información sobre velocidad del viento de fuentes como la DAC (Dirección de Aviación Civil) y el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). Sin embargo, los datos provistos fueron tomados a alturas de diez (10) metros sobre el terreno y por tanto no eran suficientes para estimar el viento a alturas de más de (50) metros, que es lo idóneo desde el punto de vista técnico, para que los estudios sean de mayor confiabilidad.

En complemento y gracias a los últimos veinte años de progreso tecnológico, es muy grato para esta Cartera de Estado presentar el “Atlas Eólico del Ecuador”.

Figura N° 2: Mapa Eólico del Ecuador



Fuente: Consejo Nacional de Electricidad

Metodología

Por la complejidad del problema que fue investigado se tuvo que documentar ya que no existía la manipulación de variables, con esto quiere decir que la problemática fue estudiado e investigado mediante el uso de textos, folletos, libros, web entre otros.

El trabajo efectuado fue la investigación de las características de cada uno de los elementos, funcionamiento (Energía, 2017).

El software Ambient Weather permite monitorear las condiciones climáticas mediante la utilización de una pantalla LCD a color de fácil lectura.

La opción de conexión Wi-Fi permite que la estación transmita sus datos de forma inalámbrica a la red de estaciones meteorológicas, Weather Underground. Monitorea las condiciones de la velocidad del viento, la dirección del viento, la lluvia, la radiación UV, la radiación solar, la presión barométrica, la temperatura interior / exterior (F y C), la humedad interior, el punto de rocío, el índice de calor, la sensación de frío y mucho más.

WS-2902 – Envía datos en tiempo real a AmbientWeather.net. La red de clima ambiental es el diseño más fácil de usar para monitorear sus datos en diferentes plataformas como se puede observar en la figura 3.

Figura N° 3: Ambient weather WS-2902



Fuente: Davis Instruments.

Software Ambient Weather Network

Es el diseño completo para ser usado en el monitoreo y sus datos en diferentes plataformas. Ver rápidamente información detallada con nuestros módulos expandibles animados. Soporta alertas por correo electrónico y texto.

Figura N° 4: Software Ambient Weather Network.



Fuente: Davis Instruments.

Con una aplicación utilizando el celular nos enviará datos en tiempo real al sitio web WeatherCloud.net. Weathercloud hace que el administrar mediante el dispositivo sea fácil para manejar.

Ambient Weather, Virtual Weather Station, es un paquete de software para conectar computadoras personales a estaciones meteorológicas e Internet, que muestra, traza y almacena datos para monitoreo y análisis.

El análisis y el estudio de energías renovables eólico y solar, se dio a partir de los datos obtenidos de la humedad del ambiente, velocidad del viento y de la radiación solar.

La obtención de datos se la realizó por un tiempo aproximado de cuatro meses en la Guardianía de Atillo - Parque Nacional Sangay zona alta sector Guamote Parroquia Cebadas a 90 Km de la Ciudad de Riobamba, en el cual se expresó las temperaturas máximas y mínimas en grados centígrados (°C), velocidad del viento máxima y mínima (Km/h y m/s), de la misma forma los promedios generales de todos los meses, se tomó en cuenta para el cálculo que todos los datos de viento han sido obtenidos a una altura de 4 m.s.n.s. (metros sobre el nivel del suelo), y los datos de radiación solar se los obtuvo directamente al nivel del suelo.

Para la obtención de datos se utilizó una estación meteorológica la cual nos brindó datos de velocidad del viento, dirección del viento, temperaturas, humedad y radiación solar.

Potencia Eólica Aprovechada

Además de las características del viento, la potencia aprovechable depende también de las características de funcionamiento de la máquina.

Habrá que considerar, además, las pérdidas mecánicas en la transmisión y la eficiencia eléctrica del generador (Maza, 2015).

Se define el coeficiente de potencia de un aerogenerador como la fracción de potencia contenida en el viento incidente que es realmente capturada por el aerogenerador. Es una medida de la eficiencia de la máquina. Por lo tanto, podemos expresar la potencia eólica aprovechable como:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

Por ello se define el coeficiente de potencia C_p , a modo de eficiencia de conversión, como el cociente entre la potencia extraída, es decir, aprovechada. P_a , y la disponible en el viento (Supe, G., & Santiago, A., 2013).

Para una corriente estacionaria valdría:

$$C_p = \frac{N_{aprovechable}}{\frac{1}{2} \rho A v^3}$$

La velocidad del viento varía con la altura, siguiendo aproximadamente una ecuación de tipo estadístico, conocida como ley exponencial de Hellman, de la forma.

$$V_h = V_{10} \left(\frac{h}{10} \right)^\alpha$$

En la que V es la velocidad del viento a la altura h, V10 es la velocidad del viento 10 metros de altura y a es el exponente de Hellman que varía con la rugosidad del terreno, y cuyos valores vienen indicados en el cuadro:

Cuadro N° 1: Valores del Exponente de Hellmann.

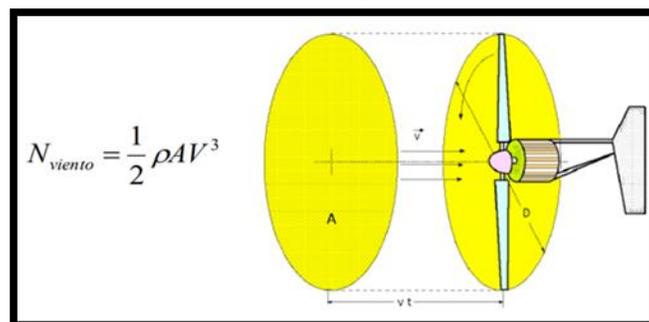
Lugares llanos con hielo o hierba	$\alpha = 0,08 \div 0,12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0,14$
Terrenos pocos occidentales	$\alpha = 0,13 \div 0,16$
Zonas rústicas	$\alpha = 0,2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0,2 \div 0,26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0,25 \div 0,4$

Fuente: (Franco, A., 2016)

Energía Útil del Viento

En una corriente de aire de densidad ρ y velocidad v , como se indica en la Figura, la potencia eólica disponible que atraviesa una superficie A y hace un recorrido L en el tiempo t viene dada por la expresión.

Figura N° 5: Área a barrida por el rotor del diámetro



Fuente: (Franco, A., 2016)

$$P_b = \frac{1}{k_c} \sum_{d=d_{free}}^{\infty} \beta_d P_b(d), \quad [1]$$

Donde k_c es el número de entradas al codificador, β_d son los pesos del codificador [4]. El valor de $P_b(d)$ es determinado por el evento de la selección de una secuencia o código incorrecto.

En el ejemplo se puede observar que la ecuación proviene de la referencia [4] y que la ecuación se presenta como parte del texto, donde se puede visualizar una coma después de la ecuación y continúa el texto definiendo las variables. En caso de terminar la frase, se colocará punto y aparte.

Cuando requiera referenciar una ecuación en el texto, la numeración de la ecuación se presentará también dentro de paréntesis. Ejemplo: Considerando $k_c=2$, utilizando (1) se obtuvo el valor de P_b mínimo.

Resultados y discusión

El análisis y el estudio de energías renovables eólico y solar, se dio a partir de los datos obtenidos de la humedad del ambiente, velocidad del viento y de la radiación solar.

La obtención de datos se realizó por un tiempo aproximado de cuatro meses en la Guardianía de Atillo - Parque Nacional Sangay zona alta sector Guamote Parroquia Cebadas a 90Km de la Ciudad de Riobamba. donde se realizó el proyecto, en el cual se expresó las temperaturas máximas y mínimas en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), velocidad del viento máxima y mínima (Km/h y m/s), de la misma forma los promedios generales de todos los meses, se tomó en cuenta para el cálculo que todos los datos de viento han sido obtenidos a una altura de 10 m.s.n.s. (metros sobre el nivel del suelo), y los datos de radiación solar se los obtuvo directamente al nivel del suelo. Para la obtención de datos se utilizó una estación meteorológica la cual nos brindó datos de velocidad del viento, dirección del viento, temperaturas, humedad y radiación solar.

Estudio Eólico

A continuación, observaremos los datos obtenidos de las mediciones del viento de tres meses, donde se expresan valores de la velocidad y la potencia del viento. Se tomaron las mediciones en la Guardianía de Atillo. Medidas realizadas del sábado 11 de enero al domingo 12 de enero del 2020 a diferentes lapsos de tiempo obteniendo medidas de Temperatura – Humedad y Niveles de viento.

Cuadro N° 2: Mediciones obtenidas.

Medidas tomadas					
Sábado	10:33 a.m.	11/01/2020	Domingo	08:10 a.m.	12/01/2020
Temp in: 56°F	Hum in: 72%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 51°F	Hum in: 90%	Barometer: 0.51 m/s
	10:46 a.m.			08:23 a.m.	
Temp in: 54°F	Hum in: 74%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 52°F	Hum in: 87%	Barometer: 0.51 m/s
	11:01 a.m.			08:53 a.m.	
Temp in: 57°F	Hum in: 74%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 52°F	Hum in: 81%	Barometer: 0.51 m/s
Medio día			Domingo	10:19 a.m.	12/01/2020
Sábado	14:02 p.m.	11/01/2020	Temp in: 53°F	Hum in: 96%	Barometer: 0.51 m/s
Temp in: 53°F	Hum in: 94%	Barometer: 0.51 m/s		10:19 a.m.	
	14:20 p.m.		Temp in: 55°F	Hum in: 80%	Barometer: 0.51 m/s
Temp in: 53°F	Hum in: 75%	Barometer: 0.51 m/s		10:59 a.m.	
	14:53 p.m.		Temp in: 57°F	Hum in: 79%	Barometer: 0.51 m/s
Temp in: 53°F	Hum in: 77%	Barometer: 0.51 m/s			
Tarde					
Sábado	18:02 p.m.	11/01/2020			
Temp in: 55°F	Hum in: 74%	Barometer: 0.51 m/s			
	18:22 p.m.				
Temp in: 55°F	Hum in: 75%	Barometer: 0.51 m/s			
	18:47 p.m.				
Temp in: 55°F	Hum in: 73%	Barometer: 0.51 m/s			

Fuente: (Autores, 2019)

Medidas realizadas del sábado 18 de enero al domingo 19 de enero del 2020 a diferentes lapsos de tiempo obteniendo medidas de Temperatura – Humedad y Niveles de viento.

Cuadro N° 3: Mediciones obtenidas.

Medidas tomadas					
Sábado	09:00 a.m.	18/01/2020	Domingo	06:56 a.m.	19/01/2020
Temp in: 80°F	Hum in: 54%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 52°F	Hum in: 85%	Barometer: 0.51 m/s
	09:30 a.m.			07:30 a.m.	
Temp in: 92°F	Hum in: 36%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 51°F	Hum in: 75%	Barometer: 0.51 m/s
	10:00 a.m.			08:00 a.m.	
Temp in: 80°F	Hum in: 55%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 55°F	Hum in: 74%	Barometer: 0.51 m/s
Medio día			Medio día		
Sábado	12:00 p.m.	18/01/2020	Domingo	12:00 p.m.	19/01/2020
Temp in: 55°F	Hum in: 90%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 53°F	Hum in: 75%	Barometer: 0.51 m/s
	12:20 p.m.			12:20 p.m.	
Temp in: 70°F	Hum in: 94%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 52°F	Hum in: 82%	Barometer: 0.51 m/s
	12:55 p.m.			13:10 p.m.	
Temp in: 78°F	Hum in: 85%	Barometer: 0.51 m/s	Temp in: 57°F	Hum in: 84%	Barometer: 0.51 m/s
Tarde					
Sábado	18:10 p.m.	18/01/2020			
Temp in: 58°F	Hum in: 90%	Barometer: 0.51 m/s			
	18:35 p.m.				
Temp in: 56°F	Hum in: 75%	Barometer: 0.51 m/s			
	19:00 p.m.				
Temp in: 51°F	Hum in: 72%	Barometer: 0.51 m/s			

Fuente: (Autores, 2019)

Energía Útil del Viento

A continuación, observaremos los datos obtenidos de las mediciones del viento de cuatro meses, incluidas gráficas lineales donde se expresa valores de la velocidad y la potencia del viento:

Cuadro N° 4: Medidas de Barómetro.

Barometer	
Fechas	Medidas
11/01/2020	49.15
12/01/2020	49.56
13/01/2020	50.76
14/01/2020	51.97
15/01/2020	50.43
18/01/2020	52.32
19/01/2020	51.09
20/01/2020	51.55
21/01/2020	52.91
22/01/2020	53.25
25/01/2020	53.65
26/01/2020	54.98
27/01/2020	54.88
28/01/2020	55.634
29/01/2020	55.98

Fuente: (Autores, 2019)

Figura N° 6: Velocidad del viento.



Fuente: (Autores, 2019)

Interpretación:

Mediante los datos obtenidos en el sector analizamos que existe ráfaga de viento como lo muestra el gráfico anterior, el cual el aerogenerador va a tener un funcionamiento adecuado y podrá ofrecer generación eléctrica continua.

Cuadro N° 5: Medidas de Potencia

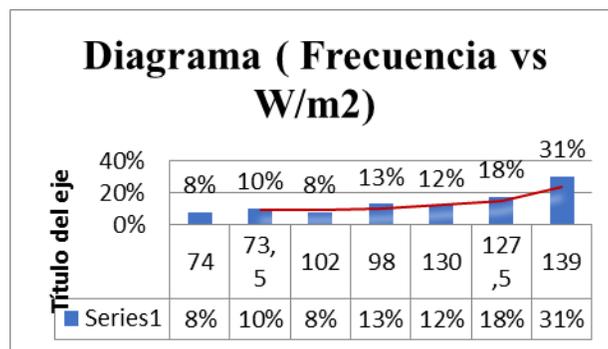
Power	
Fechas	Watts
11/01/2020	0
12/01/2020	1000
13/01/2020	2000
14/01/2020	1000
15/01/2020	2000
18/01/2020	3000
19/01/2020	3000
20/01/2020	1000
21/01/2020	2000
22/01/2020	3000
25/01/2020	4000
26/01/2020	4000
27/01/2020	6000
28/01/2020	5000
29/01/2020	7000

Fuente: (Autores, 2019)

Interpretación Radiación Solar

A continuación, se puede observar una radiación solar que no es muy frecuente durante el día como también la radicación solar se obtiene una mínima de 74W/m², y también una máxima de 139 W/m².

Figura N° 7: Frecuencia de Radiación.

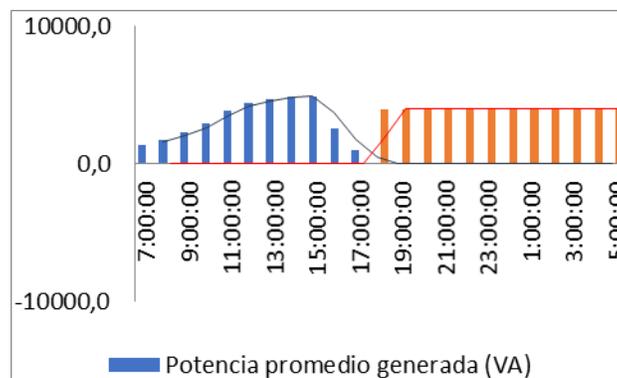


Fuente: (Autores, 2019)

Interpretación:

Mediante los datos observados en la gráfica se ve el almacenamiento de color azul de energía eléctrica de 7:00 am a 18:00 pm y el consumo de color rojo que se evidencio es de 18:00 pm a 5:00 am .Mediante los datos analizados de generación solar y eólica podemos evidenciar que no es factible para una óptima generación por paneles solares puesto a que no existe un choque térmico en la Zona, en conclusión, con los datos analizados podemos decir que es factible para una micro generación eléctrica que podrá abastecer a una vivienda pequeña como un aerogenerador.

Figura N° 8: Potencia diaria de Generador.



Fuente: (Autores, 2019)

Conclusiones

La energía solar y eólica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo ya que posee ventajas claras como son: no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere de mucho mantenimiento.

Para la energía eólica que es producida por el viento es la más factible para realizar la instalación con una brisa constante a lo largo del tiempo, con referente a los datos obtenidos se garantiza un funcionamiento del 100% que se va a implementar en la guardianía de Atillo del Parque Nacional Sangay.

Recomendaciones

Se recomienda al momento de efectuar la toma de datos realizarla en un lugar abierto y que no existan obstáculos al momento de montar la estación meteorológica.

Los datos obtenidos se deberán realizar durante 90 días para que los resultados sean considerados en el análisis de las variaciones en las medidas.

Referencias

1. Ahiely. (JUNIO de 2003). AHIELY COMPUTERS & OFFICE SOLUTIONS. Obtenido de: <https://ahiely.com/2018/08/14/tiempo-ambiental-ws-2902-revision-de-la-estacion-meteorologica-de-osprey-la-mejor-opcion-para-aficionados-a-la-casa-inteligente/>
2. Asociación empresarial Eólica. (2022). Asociación empresarial Eólica (AEE). Obtenido de: www.aeeolica.org.
3. Herrera, R.V. (10 de 2014). EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ. Obtenido de: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/685/1/Tesis%20Rafael%20Vidal%20Herrera.pdf>
4. Maza, V. (2014). Metodología para el desarrollo de proyectos de electrificación en zonas aisladas de la Empresa Eléctrica Quito SA–caso Chiriboga (Doctoral dissertation, Quito: EPN, 2015).
5. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos del Ecuador. (2015). Balance Energético Nacional 2015.
6. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. [En línea] 2014. Obtenido de: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2015-parte1.pdf>.
7. Ministerio del Ambiente. (2009). Acuerdo. Acuerdo No. 135.
8. Núñez, S., & Gentile, E. (2004). Universidad de Buenos Aires. Recuperado el 28 de 03 de 2015, de www.filo.uba.ar. Obtenido de: <http://www.filo.uba.ar/contenidos/carreras/geografia/catedras/climatologia/sit>
9. OCP. (2012). Informe de Análisis de Estaciones Meteorológicas y Clima OCP Geosuelos Cía. Ltda. Consultores Ingeniería Quito. Quito.

10. OpenCourseWare, UNIA. (s.f.). Modelos para estimar la Radiación Solar. Recuperado el 23 de 07 de 2014, de Universidad Internacional de Andalucía: <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/caracterizacion-y-evaluacion-de-la-radiacion-solar/tema-3>
11. Peralta, J., Lopez, Á., Barriga, A., Sosa, I., & Delgado, E. (2013). Análisis estadístico de la información meteorológica para la explotación de energías renovables en el Ecuador. In Conference Paper,(2) (pp. 9-9).
12. Prieto, A. (19 de 10 de 2014). Obtenido de http://atc.ugr.es/pages/personal/propia/alberto_prieto/conferencias_pdfs/investigacion_cientifica_a_prieto/%21
13. Rafael, A. (s.f.). Ambient Weather WS-2902C Smart Weather Station with WiFi Remote Monitoring and Alerts & Thermo Hygrometer. Obtenido de: <https://www.ambientweather.com/amws2902.html>
14. RENOVA ENERGÍA. (2017). Artículos sobre Energía Renovable. Obtenido de: <http://www.renova-energia.com/la-empresa/articulos-sobre-energia-renovable/>.
15. Sarmiento, P. (2007). Energía solar en arquitectura y construcción. RIL Editores.
16. Supe, G.,& Santiago, A. (2013). Metodología para identificar proyectos sustentables y factibles de (FERUM) (Doctoral dissertation, QUITO/EPN/2013).
17. Talayero, A. (2008). Energía Eólica. Prensas Universitarias de Zaragoza.