

POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE DE ALTA ENTALPÍA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTAZA.

High enthalpia renewable potential energy from the high basin of the Pastaza river.

Romel Palaguachi*, Mariela Moreno, Luis Añilema, Diego Damián-Carrión

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Grupo de Energias Alternativas y Ambiente / Grupo de Investigación para el Desarrollo Ambiente y Cambio Climatico, Riobamba, Ecuador.

*rjpc579@hotmail.com

Resumen

Es importante que Ecuador realice diagnósticos del potencial energético renovable que posee, por lo que el presente trabajo se realizó con datos obtenidos de estaciones meteorológicas y con ayuda del software desarrollado por la National Renewable Energy Laboratory, denominado Modelo de Asesor del Sistema (SAM), en el se diseñó sistemas de alta entalpia con colectores parabólicos en varias zonas de la cuenca alta del río Pastaza, para la generación de energía eléctrica, basándose en el potencial energético solar y al área disponible, para poder predecir lugares de posible emplazamiento de centrales termosolares que no cause impacto negativo al ambiente. Los lugares escogidos se encuentran cercanos a vías principales, afluentes de agua, a la red interconectada nacional y no existe intervención del hombre, estas condiciones favorables tienen las zonas de Tunshi, ESPOCH, Chingazo, Chimborazo Sur y Chimborazo Norte. Las zonas que generan mayor energía eléctrica en promedio, fueron Chimborazo Sur y Chimborazo Norte y por último el análisis financiero nos proporciona una recuperación de inversión a 20 años con el precio de generación de energía eléctrica actual establecido por Ecuador, que se pagaría la deuda de inversión, por tanto el proyecto es viable y generará un impacto positivo en el país.

Palabras clave: Solar, Electricidad, Termosolares, Alta entalpia

Abstract

It is important that Ecuador carries out a diagnosis of its renewable energy potential; therefore, the following study was executed with data obtained from meteorological stations and with the help of software developed by the National Laboratory for Renewable Energy, Model System Advisor (SAM), where high enthalpy systems with parabolic collectors were designed in various areas of the upper basin of the Pastaza River, based on its solar energy potential and available area, to generate electrical energy and to predict possible locations for solar thermal power plants that do not cause a negative impact on the environment. Selected places are close to main roads, water sources, the national interconnected electric network and there is no human intervention, these favorable conditions are found in Tunshi, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo (ESPOCH), Chingazo, South of Chimborazo and North of Chimborazo areas. Areas with the highest energy production on average, were South of Chimborazo and North of Chimborazo and finally the financial analysis show a 20-year investment recovery with the current electric energy price established by Ecuador, at which the investment debt would be paid, therefore the project is feasible and will generate a positive impact in the country.

Keywords: Solar, Electricity, Solar thermal, High enthalpy

Fecha de recepción: 11-06-2019

Fecha de aceptación: 20-04-2020

Fecha de publicación: 30-07-2020

I. INTRODUCCIÓN

Un cambio poderoso en el sector energético durante los próximos años son necesarios, es decir, las estrategias futuras deben basarse en energías renovables como la concentración de energía solar térmica entre otros, lo que implica plantas más potentes de energía solar térmica (STE) en el futuro (1). La energía es un componente de desarrollo sustentable que actúa como instrumento metodológico en el ambiente y la planificación-gestión. La energía solar ha sido utilizada desde la prehistoria y desarrollada a lo largo de los años en diversas aplicaciones que van desde vasijas de oro a colectores solares (2). En sus inicios la generación de energía eléctrica fue realizada por la aplicación de la energía hidráulica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua (3), debido a su indispensabilidad se creó tecnología para generar a partir de derivados del petróleo como las termoeléctricas cuyos combustibles son volátiles, poco fiables, limitados y muy contaminantes (4). Los sitios ricos en energía solar son un requisito esencial para la utilización de energía más limpia, el monitoreo y la conversión de energías renovables (5). En la actualidad se ha visto la necesidad de utilizar energías alternativas, por lo que se han ido desarrollando equipos que tengan la capacidad de captar la energía de fuentes renovables no contaminantes como: eólica, solar, biomasa y electroquímica que han tomado un gran interés en el mundo a fin de ser posibles sustitutos de las energías no renovables (4).

Uno de los principales problemas a tratar por la sociedad es la gestión racional de los recursos naturales, sobre todo fuentes de energía y agua dulce, (6) por lo que la presente investigación analiza la aplicación de tecnología solar fomentando el desarrollo sostenible y la generación de una producción de energía eléctrica limpia (7). Aprovechando correctamente los recursos renovables que se pueden transformar en importantes y factibles fuentes de energía que cumplirían con la demanda de electricidad en los países en desarrollo como lo es el Ecuador. Los satélites meteorológicos geoestacionarios han sido utilizados para lograr confiabilidad, información de radiación solar y solar Mapas de radiación. Estos satélites tienen la ventaja de escanear Área gran-

de con alta resolución espacial y temporal (8).

Según estudios si se aprovechara al máximo la energía solar que llega a la superficie de la tierra, se proporcionaría 7900 veces más energía de la que se consume actualmente a nivel mundial y que en promedio global, cada metro cuadrado de tierra que recibe suficiente luz solar puede generar 1700 kW-h (kWh) de energía cada año. La energía solar, es un tipo de energía renovable y el más abundante, accesible y gratuito para todo el mundo, mediante equipo especial se puede transformar en energía eléctrica y térmica (9). A nivel mundial se ha incrementado el investigar el potencial solar en zonas como el estudio en Colombia con costo- beneficio, en el que se obtuvo un potencial de absorción de 331W por día en un área de 1 m² (10), Buenos Aires con el estudio de aplicación de energías renovables y lograr la eficiencia energética al uso de sistemas solares en diferentes hábitats (11), España con sus constantes estudios y su marco legislativo que permite la viabilidad económica de las centrales solares termoeléctricas bajo diferentes tipos de tecnologías como: centrales de torre, tecnologías cilindro parabólicas, concentrador lineal fresnel entre otros (12). Cuba con su propuesta de una central eléctrica termosolar con acumulación de energía en un proyecto de 50 MW y su evaluación económica, importancia y rendimiento (13). La India en el estudio del diseño y la evaluación del rendimiento del sistema solar fotovoltaico / térmico, muestran que los datos satelitales sobrestiman los datos medidos en la superficie entre 10 y 15% para siete ubicaciones, mientras que, para las cuatro restantes estaciones, es entre 7 y 9.5% (14). O en Ecuador en la provincia de Manabí donde se realizó un análisis conceptual y un esquema energético del potencial solar para la introducción de tecnología fotovoltaica (15).

El presente estudio también fue desarrollado en Ecuador, se analizó el potencial solar en toda la cuenca alta del Río Pastaza mediante imágenes satelitales y recolección de variables meteorológicas de estaciones automáticas ubicadas en diferentes puntos de las provincias con datos de radiación directa (DNI) en promedio de hora, en lugares alejados a las estaciones se utilizó datos satelitales, de la National Renewable Energy La-

laboratory determinamos 5 zonas de posibles emplazamientos ubicadas en la provincia de Chimborazo de las cuales P4 y P5 correspondientes a Chimborazo Sur y Chimborazo Norte, las cuales generan mayor energía eléctrica, en promedio de 90 y 81 GWh/añal respectivamente. Para la elección de turbinas de vapor se considera lo siguiente (16):

- Reacción o acción.
- Multietapa o monoetapa.
- Axiales o radiales.
- Según si existe o no extracción de vapor antes de llegar al escape. (contrapresión, escape libre o condensación) (16).

Se eligió turbinas de la SERIE SST-SIEMENS para el estudio y un colector parabólico de serie Solargenix SGX-1.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de información y base de datos.

La presente investigación se realizó utilizando los datos de estaciones meteorológicas y satelitales; el GEAA está encargada del monitoreo de 11 estaciones y tiene acceso a una red de otras estaciones las que están a cargo instituciones nacionales entre las que sobresalen: La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y la Universidad de Cuenca (UCUENCA), el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), la Secretaria Nacional de Educación Superior (SENESCYT), entre otras. En la provincia de Chimborazo se han instalado estaciones meteorológicas con varios sensores que miden variables como: velocidad de viento, radiación solar global, temperatura, precipitación, entre otras (17).; mediante este monitoreo existe solo cuatro meses al año de periodo húmedo pero los promedios de radiación en estos meses es alrededor son superiores al mínimo recomendado de $1800\text{W}/\text{m}^2$ (18) y la concentración de radiación solar es alta en estos sitios (19) y la velocidad de viento tiene promedios anuales altos en los puntos P4 y P5 (20) se podría implementar una planta híbrida.

La información meteorológica se transmitió des-

de la estación meteorológica hacia un servidor (FTP) Protocolo de Transferencia de Archivos, la información recibida fue un archivo de texto plano en formato REF, dicha información fue procesada en una base de datos y que puede ser descargada por los usuarios como hojas electrónicas de Excel. Cabe recalcar que la información enviada al servidor FTP son datos promedio de hora. Para toma de datos en puntos que no están cerca de una estación meteorológica se optó por realizar una descarga de bases satelitales. La cuenca del río Pastaza se cubrió con imágenes de 1 km^2 de píxel descargadas del servidor National Renewable Energy Laboratory (NREL) por medio del software System Advisor Model (SAM) con la ubicación y promedio de DNI anual como se muestra en la Fig. 1

Análisis de las posibles zonas de emplazamiento, radiación solar y topografía

Se utilizó la base de datos de radiación solar provenientes del centro (NREL) imágenes y registros satelitales con ello se pudo determinar las zonas más adecuadas para la implementación de las centrales termosolares (ver tabla 1) (21), fueron considerados y validados los datos de DNI de las estaciones meteorológicas; En el caso particular de los puntos de P4 y P5 poseen mayores áreas y un gran potencial solar.

Sigla	Lugar	Altitud (m)	Presión atmosférica (hPa)	Temperatura Ambiente Promedio(°C)
P1	TUNSHI	2692	1,019	14,1
P2	ESPOCH	2809	1,017	14
P3	CHINGAZO	2689	1,017	14,2
P4	CHIMBORAZO SUR	4627	1,012	15
P5	CHIMBORAZO NORTE	4127	1,013	10

Tabla 1. Especificación de los sitios
Fuente: GEAA-ESPOCH, 2017

Caracterización energética de los emplazamientos.

Mediante la herramienta de ArcGis 10.2 se visualizó el raster del Ecuador con un Datum WGS_1984_UTM_Zona_16 y 17 S el cual fue descargado del NREL. Al cual se realizó una extracción del área de estudio de la cuenca alta

del río Pastaza mediante la herramienta extract by mask para visualizar las zonas planas de gran tamaño con potencial alto de DNI para la implementación de las centrales termosolares; una vez determinado estas zonas se procedió a insertar los puntos de interés y la respectiva escala de intensidad en KWh/m²/día como se muestra en la figura 1.

Cálculo de potencia de generación

Con el software SAM, se escogió la herramienta CSP Parabolic Trough (empirical) con el módulo LCOE calculator (FCR method), en el menú (Location and Resource) se ingresó un archivo de tipo csv con los datos meteorológicos de cada punto escogido, en el menú (Solar Field) se programó las condiciones de físicas de lugar como: el área disponible, condiciones térmicas del fluido de trabajo, condiciones ambientales y orientación de los colectores solares. Para el menú (collectors(SCAs)) se ingresó la serie Solargenix SGX-1 que corresponde a un colector parabólico cuyas propiedades se muestran en la tabla 2, en el menú (Power Block) se determina la potencia de la turbina en megavatios (MW) que se puede instalar en CSP (planta solar de cilindros parabólicos). En el caso de las zonas de Chimborazo son las que mayor potencia de generación, se pueden instalar llegando casi a los niveles de generación de la CSP LA RISCA ubicado en España, esta posee un bloque de potencia instalado de 50MW

y produce un valor de unos 102GW al año (12). Basados en los resultados de potencia se determinó la elección del tipo de turbina de vapor más adecuada (22) como se muestra en la Tabla. 3. Y finalmente en el menú (Financial Parameters) se ingresó valores del costo de la CSP con los valores de operación anual; variándoles estos para llegar a un valor de 9 centavos de dólar americanos como de base de venta por KW a lo que compra el país.

ÁREA DE APERTURA EFECTIVA	656 M ²
ANCHO DE APERTURA ESTRUCTURA TOTAL	5 M
LONGITUD DEL CONJUNTO COLECTOR	100 M
CANTIDAD DE MÓDULOS POR ENSAMBLAJE	12
LONGITUD MEDIA DEL CAMINO DE LA SUPERFICIE DE ENFOQUE	1.8 M
DISTANCIA DE TUBERÍA ENTRE ENSAMBLAJES	1

Tabla 2. Característica técnica del colector solar
Fuente: SAM

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el análisis de los datos (Véase fig.1) se buscó 5 sitios ideales de fácil acceso para la implementación de este tipo de CSP las cuales están ubicadas en la cuenca alta del río Pastaza, con diferentes capacidades; considerando que cada punto dispone de un diferente potencial energético a causa del área disponible y su recurso Solar. Se descartó las zonas menores a 1.800 kWh/m² de DNI (23) debido a la nubosidad que existe en el lugar y como sugerencia en otros estudios realizados en otros países (13).

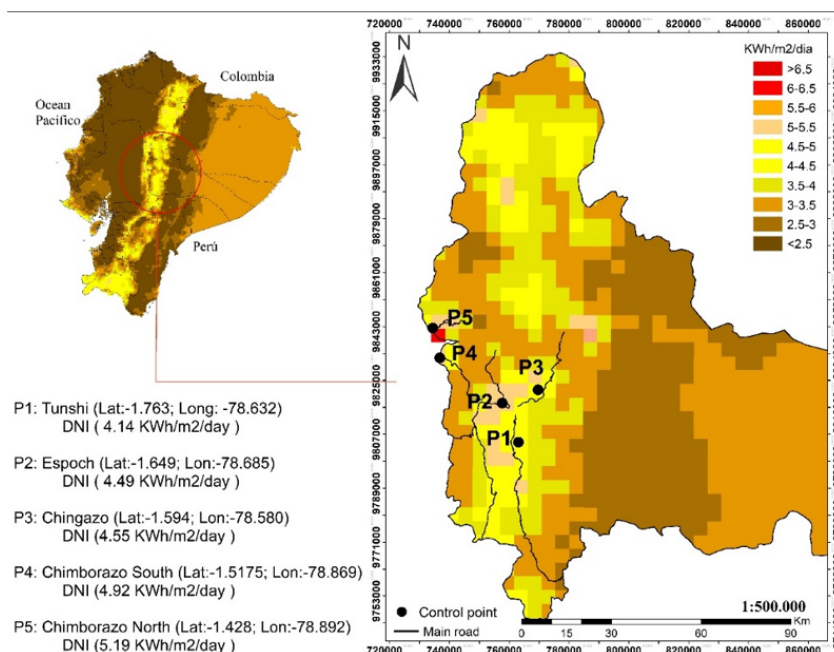
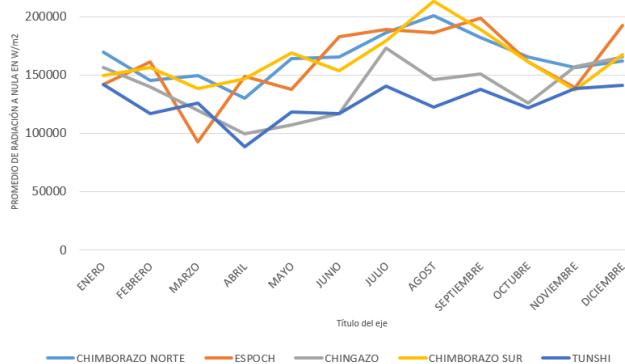


Tabla 2. Vista general de los Puntos de Interés y su potencial DNI. Fuente: GEAA-ESPOCH 2017

La implementación en los lugares se propone de la siguiente manera: En la zona de la P1 y P2 cuyos terrenos pertenecen a la ESPOCH se plantea proyectos demostrativos a baja escala con generación de energía eléctrica para autoconsumo institucional. La Zona P3 está pensado para abastecer el consumo local como apoyo la pequeña industria. Las zonas P4 y P5 serán consideradas para generación conectada al sistema nacional de Red Eléctrica.

la gráfica 1, muestra los datos de promedio (DNI) en W/m² de los puntos escogidos para cada mes del año. Se encuentra una mayor radiación en el mes de agosto especialmente en los puntos P4 y P5. Y una baja radiación en el mes de marzo para todas las zonas escogidas (24).

Como datos adicionales se debe considerar que se puede aumentar la capacidad de generación eléctrica en las zonas de Tunshi, Chingazo, Chimborazo Sur y Chimborazo norte; pero esto implicaría remoción de terreno para aumentar el área de captación la cual conlleva el aumento de gasto en la implementación.



Gráfica 1. Promedio mensual de radiación en W/m² de los puntos seleccionados
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

Agosto existe la mayor concentración de DNI en promedio en las Zonas Chimborazo Norte, la menor concentración en promedio anual de DNI es en el mes de abril la zona de Tunshi. Todos los emplazamientos están cerca de una vía principal por lo que son de fácil acceso para su implementación.

Topografía de los puntos de interés.

En las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, se muestran las áreas disponibles en cada zona seleccionadas; para su selección se consideró los parámetros de nivel de radiación, cercanía a una vía principal y topografía del terreno (plano).

fía del terreno (plano).

TUNSHI

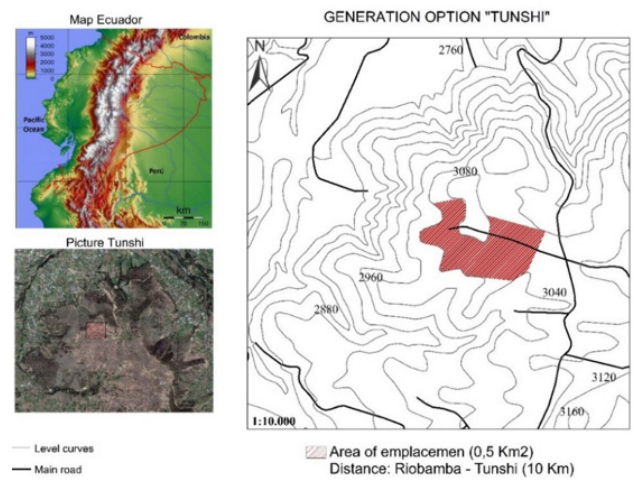


Figura 2. Topografía de TUNSHI
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

ESPOCH

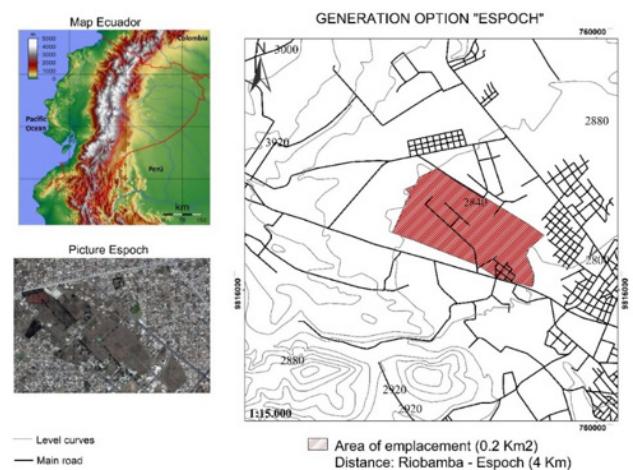


Figura 3. Topografía de la ESPOCH
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

CHINGAZO.

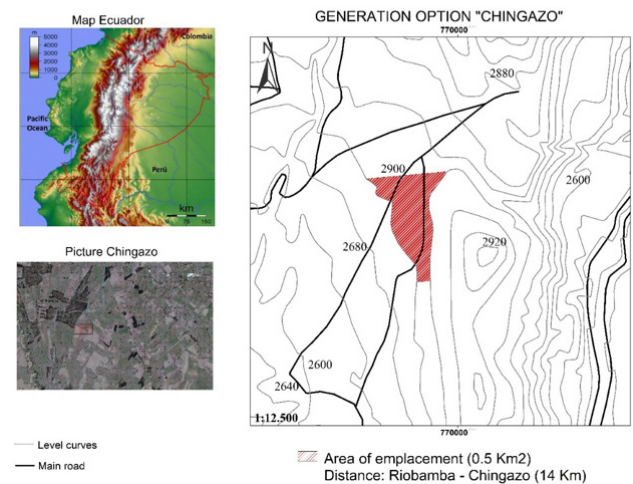


Figura 4. Topografía de Chingazo Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

CHIMBORAZO SUR

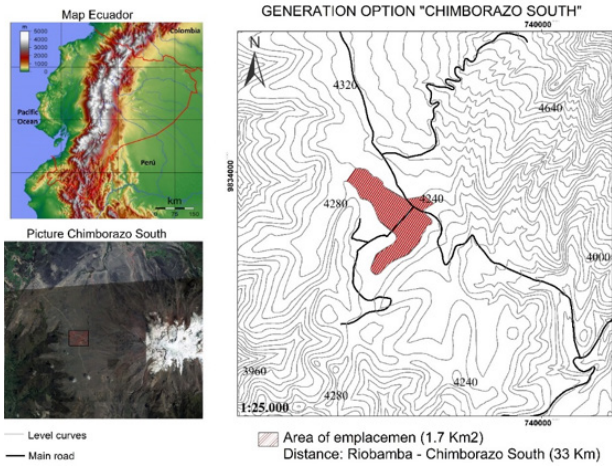


Figura 5. Topografía de Chimborazo Sur
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

CHIMBORAZO NORTE

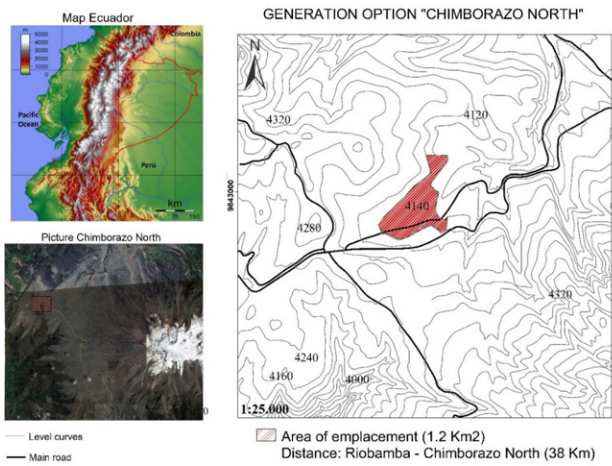


Figura 6. Topografía de Chimborazo Norte
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

La gráfica 2 muestra los datos de promedio de generación eléctrica en KW/h para cada mes del año las zonas de Chimborazo tienen el porcentaje más alto de generación eléctrica considerando que estas dos zonas tienen un área disponible mayor a los 3 puntos restantes. En el caso del punto P2 (ESPOCH), se implementaría una planta de tipo demostrativa y para el uso del mismo campo universitario debido a la pequeña área que se dispone.

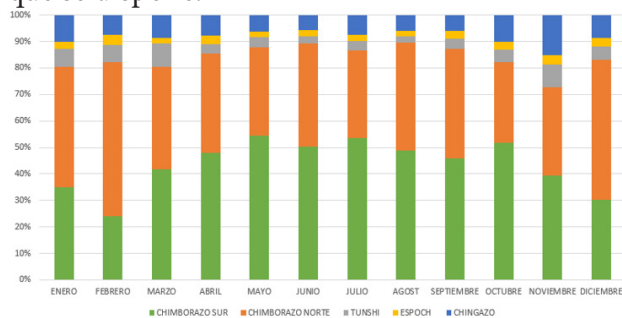


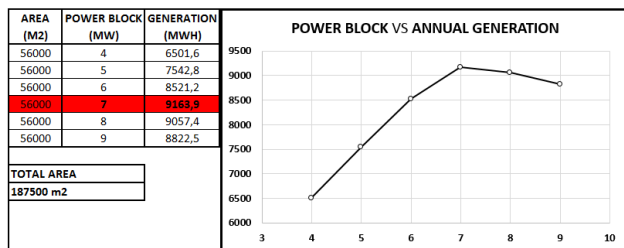
Figura 6. Comparación de la generación eléctrica de los 5 puntos.
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017

TIPO DE TURBINAS PROPUESTAS PARA VAPOR SERIE SST-SIEMENS

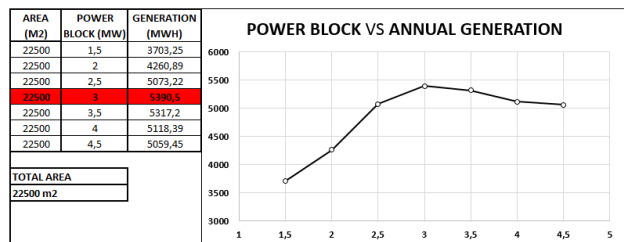
1. TURBINA SST-150 PARA 3 Y 7 MW
2. TURBINA SST-200 PARA 10 MW
3. TURBINA SST-400 PARA 35MW
4. TURBINA SST-300 PARA 45 MW

Tabla 2. Tipo de Turbinas
Fuente: SIEMENS

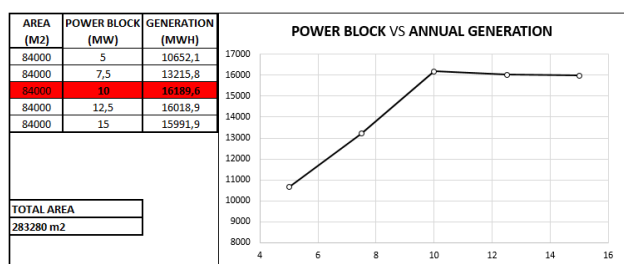
Las gráficas 3, 4, 5, 6 y 7 muestran la selección del bloque de potencia en MW para cada zona mediante iteración. Con el objetivo de buscar un valor máximo de cada curva.



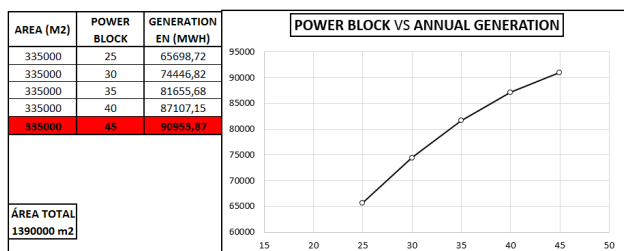
Gráfica 3. Cálculo de potencia en P1.
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017



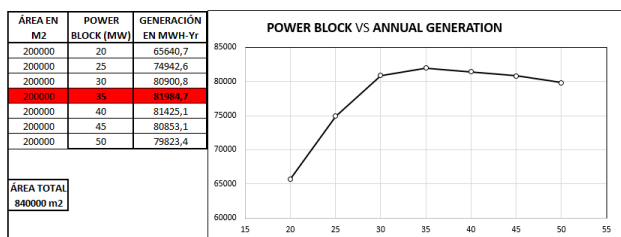
Gráfica 4. Cálculo de potencia en P2.
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017



Gráfica 5. Cálculo de Potencia de P3.
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017



Gráfica 6. Cálculo de potencia en P4.
Fuente: GEAA-ESPOCH. 2017



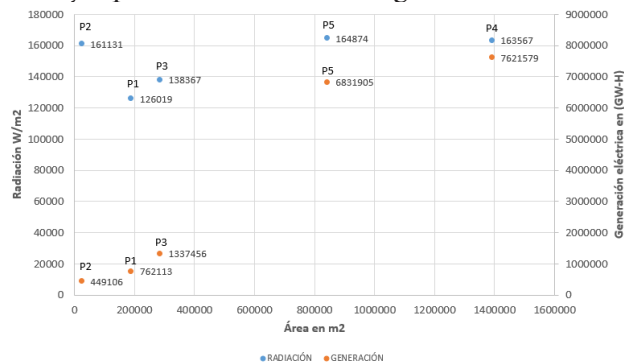
Gráfica 7. Cálculo de potencia en P5.

Fuente: GEAA-ESPOCH, 2017

La realización de las curvas de Power Block con respecto a la Generación Anual de Energía Eléctrica de basó en función del área escogida y con ella se determinó la mejor turbina para una mayor generación en 8 puntos distintos de MW, se llegó a determinar cuál sería la capacidad de generación más adecuada para aprovechar al máximo el área que no esté sobredimensionado ni minimizado la capacidad del Power Block.

La cantidad de energía producida depende del ta-

maño del área disponible en la gráfica 8. Se ilustra el promedio de radiación y generación eléctrica al año en donde: el punto P2 tiene la más baja generación, sin embargo, su promedio de radiación es aproximadamente igual a los puntos P4 y P5 los cuales estos generan mayor energía eléctrica, mediante la herramienta de ArcGis se dedujo que P4 era el área más grande.



Gráfica 8. Comparación de la cantidad de radiación con la energía eléctrica producida en función del área.

Fuente: GEAA-ESPOCH, 2017

Resumen

LUGAR	NOMBRE	ÁERA (m ²)	ANUAL DNI (W/M ²)	GENERACION ANUAL (GWH)	POWER BLOCK (MW)
P1	TUNSHI	187500	1512227,00	9.163	7
P2	ESPOCH	22500	1933575,00	5.396	3
P3	CHINGAZO	283280	1660403,00	16.189	10
P4	CHIMBORAZO SUR	1390000	1746379,00	90.953	45
P5	CHIMBORAZO NORTE	840000	1978486,00	81.954	35

Tabla 4. Propiedades energéticas de los puntos

Fuente: GEAA-ESPOCH, 2017

Análisis Financiero

Los parámetros del análisis financiero se plantearon en base a la teoría de conservación de tecnologías renovables (25). En la tabla 3. Se muestra un resumen de las variables financieras, además

considerando una inflación promedio de 2.94% en base de los datos desde el año 2008 hasta el 2018 (26), en estos estudios se realizó la simulación considerando un endeudamiento total, basado en los 5 lugares escogidos para el emplazamiento.

LUGAR	NOMBRE	COSTO APROXIMADO (\$)	ANÁLISIS PERIÓDICO (AÑO)	TASA DE RETORNO (%ANUAL)	TASA DE INTERES (%ANUAL)	COSTO DE OPERACIÓN (\$)
P1	TUNSHI	22.955.534,00	25	15	4	415.799,00
P2	ESPOCH	13.218.093,00	25	13	4	178.199,00
P3	CHINGAZO	39.809.339,00	20	13	5	534.599,00
P4	CHIMBORAZO SUR	225.552.534,00	20	13	4	2.386.000,00
P5	CHIMBORAZO NORTE	202.597.281,00	20	13	4	2.079.000,00

Tabla 4. Especificación de los sitios

Fuente: GEAA-ESPOCH, 2017

IV. CONCLUSIONES

Mediante sensores remotos y la validación con las estaciones meteorológicas, hemos seleccio-

nado 5 zonas de posibles emplazamientos; de las cuales las P4 y P5 que corresponden a Chimborazo Sur y Chimborazo Norte, generan mayor energía eléctrica, en promedio de 90 y 81 GWh/

anual respectivamente. En cuanto al análisis financiero se lo realizó modificando las variables del mismo, para equiparar con el precio (KWh) actual del Ecuador que es de 9,33 centavos de dólar americano; donde el cálculo se realizó asumiendo un endeudamiento total y la recuperación de la inversión en 20 años a una inflación de 2.5% por cada año; por lo que el proyecto resulta

aplicable y con impacto positivo para el medio ambiente.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Grupo de Energías Alternativas y Ambiente por su apoyo en la redacción de este artículo.

Referencias

1. Carra E, Marzo A, Ballestrín J, Polo J, Barbero J, Monterreal R, et al. Atmospheric extinction levels of solar radiation using aerosol optical thickness satellite data. Validation methodology with measurement system. Journal Pre-proof. 2019 Octubre 18;: p. 1-33.
2. Meinel AB, Meinel MP. In Meinel AB, Meinel MP. Aplicaciones de la Energía Solar. Barcelona: REVERTÉ, S.A; 1982. p. 618.
3. Expo Energía. Historia de la Energía Hidráulica. [Online].; 2018. Available from: <https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/historia-energia-hidraulica.php?m=>.
4. Rodríguez AA, Figueredo JA, Alejandro CJ. Análisis del potencial energético solar basado en mediciones in situ en el municipio de Acacias-Meta. knowledge E. 2018 Febrero; 2018(6).
5. Ghimire S, Deo R, Raj N, Mi J. Wavelet-based 3-phase hybrid SVR model trained with satellite-derived predictors, particle swarm optimization and maximum overlap discrete wavelet transform for solar radiation prediction. ELSEVIER. 2019 Junio 25;: p. 1-19.
6. Carballo JA. Universidad de Almería. [Online].; 2019. Available from: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6381/actas-jdi2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=29>.
7. Zuri Ocampo W. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y micro cuencas. 2004th ed.; 2004.
8. Ener Rusen S, Konuralp A. Quality control of diffuse solar radiation component with satellite-based estimation methods. ELSEVIER. 2019 Julio 16;: p. 1772-1779.
9. Shamsavari A, Morteza A. Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018 Abril;(90).
10. Rodríguez Aya A, Figueredo Luna J, Chica García J. Análisis del potencial energético solar basado en mediciones in situ en el municipio de Acacias – Meta. In 6th Engineering, Science and Technology Conference (2017); 2018. p. 690-700.
11. Evans JM, Schiller S. EL DESAFÍO DEL DISEÑO, LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA EN EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA. Perfiles. 2014; II(12): p. 8-14.
12. Espejo C, García R. La energía solar termoeléctrica en España. Anales de Geografía. 2010 Octubre 6; 30(2): p. 81-105.
13. Peña Pupo L, Hidalgo González R, Gutiérrez Urdaneta L, Domínguez Abreu H. Integration Proposal of a Solar Thermal Power Plant to the Cuban National Electric System. Scielo. 2018 Julio;: p. 551-561.
14. Manju S, Sandeep M. Prediction and performance assessment of global solar radiation in Indian cities: A comparison of satellite and surface measured data. ELSEVIER. 2019 Mayo 16;: p. 116-128.
15. Rodríguez M, Vásquez A, Saltos WJR. RIEMAT JULIO. 2017 Diciembre; 2(2): p. 1-5.
16. Almanza D. Selección de Turbinas. [Online].; 2017. Available from: https://www.academia.edu/9115384/Selecci%C3%B3n_de_turbinas.
17. Haro S, Zúñiga L, Meneses A, Escudero A. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO DEL VIENTO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR. Perfiles. 2020; 1(23): p. 26-32.
18. Natalia Alexandra Pérez HSMJAM. ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN UN ECOSISTEMA ALTO. PERFILES. 2020;: p. 11.

19. Cristina Ramos^{1 2} *PGVDVECa. ATMOSPHERIC TRANSMISIVITY: A MODEL COMPARISON FOR EQUATORIAL ANDEAN. PERFILES. 2016;; p. 13.
20. Silvia Haro-Rivera* 1ZL2MF1EV. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO DEL VIENTO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR. PERFILES. 2020;; p. 32.
21. NREL. Visor de datos NSRDB. [Online].; 2017. Available from: https://maps.nrel.gov/nsrdb-viewer/?aL=UdPEX9%255Bv%255D%3Dt%26f69KzE%255Bv%255D%3Dt%26f69KzE%255Bd%-255D%3D1&bL=clight&cE=0&lR=0&mC=-1.6834125323078375%2C-78.15673828125&zL=9&fbclid=IwAR14r6FVmQjvGHHI6HTKe72Ru-7YB3YGD0_ndlB_z8EB4FiDT3WvvPcOrI8.
22. SIEMENS. Reliable steam turbines. [Online]. Available from: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/power-generation/steam-turbines.html>.
23. Téllez F. Energía Solar Termoeléctrica. Técnico. Madrid: Univ. Pontificia Comillas, Aula de Tecnologías Energéticas; 2008.
24. Electricidad. CND. ATLAS SOLAR DEL ECUADOR. Quito;; 2008.
25. Walter Short, Daniel J. Packey, and. A Manual for the Economic. Golden, Colorado 80401-3393 : National Renewable Energy Laboratory , A national laboratory; 1995.
26. Censos INdEy. Resultados (IPC). ; 2019.
27. ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Online].; 2018. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>.
28. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Energía sostenible. [Online].; 2016. Available from: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/ourwork/climate-and-disaster-resilience/sustainable-energy/>.
29. Volumen I, Resoluciones aprobadas por la Conferencia. Anexo II. Río de Janeiro: Naciones Unidas; 1992. Report No.: S.93.I.8.