



DISEÑO DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR COMO ESTRATEGIA DE AHORRO ENERGÉTICO Y DISMINUCIÓN DE LA EMISIÓN DE CO₂

José Parreño¹, Oscar Lara¹, Rommel Jumbo¹, Hugo Caicedo¹, David Sarzosa¹
¹Departamento de Eléctrica y Electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. ²Departamento de Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. orlara@espe.edu.ec

ASA/EX 2020-10

Recibido: 01-07-2020

Aceptado: 30-07-2020

RESUMEN

La energía renovable también llamada energía verde, ha alcanzado el 40% a nivel mundial debido a que los gobiernos impulsan cada año su desarrollo, lo que ayuda a disminuir la quema de combustibles fósiles y la emisión CO₂, principales causales de la contaminación ambiental, entre las fuentes alternativas de energía limpia se encuentra la energía solar, cuya alternativa es factible en el Ecuador, dado que por ser un país tropical permite generar energía eléctrica a partir de la irradiación solar el cual se estima en 4,5 kw m² d⁻¹. El objetivo de este trabajo fue diseñar un módulo de energía solar para suplir parcialmente el uso de fuentes convencionales de energía y minimizar las emisiones de CO₂, en la operación del sistema de monitoreo y vigilancia de la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador (ESPE) en Latacunga, Cotopaxi. Los resultados encontrados muestran que los módulos solares utilizados pueden generar una carga de 100W diarios, garantizando un suministro energético de 4 horas. Si bien el funcionamiento del sistema de paneles solares fue óptimo desde el punto de vista operativo, la cantidad de energía generada no fue suficiente para suplir los requerimientos diarios de hogares ecuatorianos, aunque el desarrollo de módulos con mayor capacidad de generación energética, conllevaría a una reducción considerable de las emisiones de CO₂, la masificación del uso de este tipo de fuente energética podría verse limitada por el alto costo de instalación y los precios bajos de la energía eléctrica en el Ecuador.

Palabras Clave: ahorro energético, cambio climático, radiación, sostenibilidad.



USE OF SOLAR PANELS AS AN ENERGY SAVING AND CO₂ EMISSION REDUCTION STRATEGY

ABSTRACT

Renewable energy, also called green energy, has reached 40% worldwide due to the fact that every year governments promote its development, which helps to reduce the burning of fossil fuels and CO₂ emissions, the main causes of environmental pollution. Among the alternative sources of clean energy is solar energy, whose alternative is feasible in Ecuador, since being a tropical country allows the generation of electricity from solar radiation, which is estimated at 4.5 kw m² d⁻¹. The objective of this work was to design a solar energy module to partially replace the use of conventional energy sources and minimize CO₂ emissions, in the operation of the monitoring and surveillance system of the University of the Armed Forces of Ecuador (ESPE) in Latacunga, Cotopaxi. The results found show that the solar modules used can generate a load of 100W per day, guaranteeing an energy supply of 4 hours. Although the operation of the solar panel system was optimal from the operational point of view, the amount of energy generated was not sufficient to meet the daily requirements of Ecuadorian households. Although the development of modules with greater capacity to generate energy would lead to a considerable reduction in CO₂ emissions, the mass use of this type of energy source could be limited by the high cost of installation and low prices of electricity in Ecuador

Keywords: energy saving, climate change, radiation, sustainability.



INTRODUCCIÓN

La energía renovable ayuda a reducir el uso de energías contaminantes como la energía nuclear y energías obtenidas de combustibles fósiles que emiten gases contaminantes como el CO₂ a la atmosfera, ocasionando el calentamiento global (Hernández et al. 2014), que con el pasar del tiempo han contaminado el planeta y su entorno contribuyendo a los cambios climáticos (Barboza et al. 2018); la energía renovable permite dar un cambio al entorno reduciendo los daños ambientales, entregando energía limpia evitando la destrucción del planeta (Casola y Freier, 2018).

A pesar de la urgencia en reducir las emisiones de CO₂, las mismas crecen con la expansión demográfica y las demandas de energía para suplir los requerimientos de las necesidades básicas de la población (Oviedo, 2018), en este sentido se estima que en los próximos años ocurrirá un crecimiento acelerado de la demanda energética, por lo cual deben desarrollarse opciones tecnológicas que permitan la diversificación de la matriz energética de los países.

En este sentido, la energía solar surge como una alternativa importante por ser un recurso natural que no tiende a extinguirse como ocurre con la energía fósil proveniente de los hidrocarburos (Doussoulin y Chalco, 2018), aunque a corto plazo la implementación de estos sistemas resulta costoso, a largo plazo su uso redundará en una disminución de los gastos por consumo eléctrico (Guzmán et al. 2016), disminución de las emisiones de CO₂ (Salazar et al. 2016) y menos perturbaciones ambientales (López y Álvarez, 2018).

En las centrales solares la energía se obtiene absorbiendo los rayos solares utilizando paneles para luego ser transformada y almacenada, de esta se deriva la energía termoeléctrica la cual utiliza los rayos solares para calentar agua u otro fluido provocando vapor de agua para mover una turbina que permita generar energía eléctrica (Rionda et al. 2018). La producción y uso de energía solar repercute de manera positiva sobre el ambiente, en este sentido Serrano et al. (2017), señalan que se reduce hasta 18,8% las emisiones de CO₂, además los proyectos de generación solar, tienen algunos beneficios sociales dado que



permiten suplir las necesidades energéticas en poblaciones rurales, además de generar puestos de trabajo en las comunidades para la instalación de las celdas y paneles solares, y para el funcionamiento del sistema de generación solar.

El Ecuador, por su ubicación geográfica tiene un promedio anual de radiación solar muy elevada de entre 4 y 6 Kwh m²(Cabrera et al. 2019), cuyos valores son similares a los reportados en otras regiones tropicales como Colombia donde el potencial solar tiene un promedio diario cercano a los 4,5 kWh m² (Núñez et al., 2018); que representaría una capacidad solar fotovoltaica instalada de alrededor de 9MWp, la cual podría ser desarrollada en proyectos que formen parte del sistema eléctrico nacional y por aplicaciones del sector privado.

Para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos se requieren grandes inversiones para la construcción de paneles solares y sistemas de acumulación de energía que permitan un suministro eléctrico de manera constante (Vélez, 2018), desafortunadamente los costos de los proyecto han impedido la

masificación de los mismos a gran escala, por lo que es necesario realizar estudios de factibilidad para la instalación de sistemas fotovoltaicos a costos razonables (Pilar et al. 2019), esto repercutiría en el uso de energía limpia a gran escala, para la reducción de las emisiones de CO₂ y disminuir el calentamiento global.

Dada la importancia que tiene la concientización del uso de las fuentes de energía alternativa para lograr un desarrollo económico sostenible, en las universidades ecuatorianas y en particular la ESPE se diseñó un sistema de generación solar para suplir parcialmente requerimientos energéticos en el área de vigilancia, la misma serviría como vitrina académica para mostrar las bondades de esta fuente de energía, que se demuestra a través de la simulación en tres regiones del país, producto del análisis de los datos del sistema nacional de energía del Ecuador en comparación del impacto del sistema de energía solar sobre los costos y las emisiones de CO₂, con respecto a los sistemas convencionales y de generación eólica, instalados en el país.



MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

Los módulos de energía solar fueron instalados en la localidad de Latacunga, campus de Belisario Quevedo, ubicado a una Altitud de 2735 msnm, en las coordenadas geográficas de 0.966667 LS y Longitud de 78.5667 LO, en Latacunga, parroquia Belisario Quevedo, de Ecuador, donde las condiciones climatológicas de radiación solar son superiores a 169 W m⁻² al mes, con un promedio de 203.25 W m⁻², creando condiciones propicias para el desarrollo de este sistema energético (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de irradiación solar en Latacunga, parroquia de Belisario Quevedo, Ecuador.

ORD.	MES	(W m ⁻²)/mes
1	may-18	192.52
2	jun-18	183.17
3	jul-18	169.17
4	ago-18	179.72
5	sep-18	214.09
6	oct-18	231.89
7	nov-18	201.76
8	dic-18	218.47
9	ene-19	212.91
10	feb-19	222.67
11	mar-19	211.06
12	abr-19	206.93
13	may-19	197.87

Total (W m ⁻²) /mensual	2642,23
Promedio (W m ⁻²) /mensual	203,25

Pasos para la implementación del sistema

Para la implementación del sistema fotovoltaico, los pasos que se llevaron a cabo fueron: análisis de cargas, selección de equipos de generación energético, selección de componentes, dimensionamiento del sistema, instalación del sistema y pruebas de funcionamiento.

Análisis de cargas

El sistema de prueba piloto para el módulo de generación solar, fue el sistema de vigilancia, control y seguridad de la ESPE, el cual está equipado con dos cámaras de video, una computadora y un equipo de comunicación a internet, cuya carga requerida, se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Energía requerida para el funcionamiento del módulo de vigilancia en la ESPE, parroquia Belisario Quevedo, Ecuador.

Descripción	Cant.	Pot(W)	Total Pot(W)
Laptop HP	1	75,89	75,89
Cámara Ip 2mp	2	12,00	24,00
Switch Ethernet	1	0,11	0,11
		<i>Consumo Total</i>	100



A partir de la potencia demandada se dimensionaron los equipos del sistema fotovoltaico para la alimentación de energía y funcionamiento.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100[W]}{110[V]} = 0,9[A]$$

Cálculo de energía de demandada

Energía del campo solar

$$E_{cs} = \frac{400 \text{ Wh}}{0,64 * 0,8} = 781 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de entrega de energía del panel fotovoltaico

$$E_p = V_{nbat} * I_{mp} * H_{sp}$$

$$E_p = 24[v] * 4,26[A] * 4,5 = 460,08 \text{ [Wh d}^{-1}\text{]}$$

Cálculo para el dimensionamiento de baterías para el sistema fotovoltaico

$$C_t = \frac{N * E_d}{N_b * N_i * V_{n_b} * pfd}$$

$$C_t = \frac{5 * 400 [Wh]}{0,8 * 0,8 * 24 [v] * 0,75} = 173,61 [Ah]$$

Cálculo del regulador de carga (Cr)

Intensidad máxima de consumo

$$I_{mcs} = N_{hp} * I_{cp} = 2 * 4,75 = 9,5[A].$$

Selección del inversor de corriente

$$S_{inv} = 1,25 * \frac{P_{carga} \text{ CA [W]}}{FP}$$

$$= 1,25 * \frac{100 [W]}{0,8} = 156,25 [VA]$$

Cálculo para la selección de cableado de corriente alterna

Para el sistema de generación de energía fotovoltaica se requiere:

Nº de paneles fotovoltaicos = 1,69 PF

Banco de baterías = 173,61 [Ah]

Regulador de carga = 11,4[A]

$$E_d = 100W * 4h = 400[Wh]$$

Inversor de corriente = 156,25[VA]

Selección del equipo

El equipo que presenta las características requeridas para el sistema fotovoltaico es un UPS inversor de onda pura, controlador de carga, cargador de baterías POWEST HIBRIDO, el cual permite pasar de un estado a otro sin tener desconexión de energía al circuito cerrado de televisión, los módulos fotovoltaicos fueron policristalinos, y baterías ALPHACELL de 100Ah.

Selección de componentes

El sistema de generación solar, consto de un banco de baterías, un UPS y un sistema de conducción de corriente alterna. A continuación se describen algunos de estos componentes.



Banco de baterías

El banco de baterías fue conectado al UPS que controla los estados de carga y descarga de las baterías y el sistema de conducción de corriente.

UPS híbrido POWEST

El UPS inversor por su tecnología y funciones permitió optimizar componentes electrónicos, fue de fácil mantenimiento y manipulación. Además sus cambios de estado son automáticos permitiendo mantener al circuito cerrado de televisión con energía constantemente, protege a los equipos del sistema fotovoltaico y el circuito cerrado de televisión, dentro de los cambios de estado; permite el funcionamiento de las cargas con energía solar, energía de la red o la alimentación solo del banco de baterías, cada una independientemente.

Conductor para corriente alterna

Según la potencia demandada de una corriente de 0.9 A, dada la baja potencia a manejar el fabricante del UPS recomienda que se utilice conductor Awg. 12 flexible para la instalación del circuito de las cargas.

Instalación de equipos de generación de energía solar

En la instalación, y colocación de los paneles solares, se orientaron hacia el norte con una inclinación de 15° para absorber de manera eficiente la irradiación solar (Figura 1).

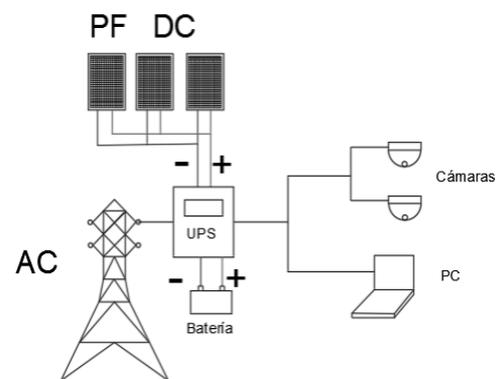


Figura 1. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico para la generación de energía solar en la ESPE, Latacunga – Cotopaxi, Ecuador.

Operación del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico fue dimensionado para operar bajo las HSP (Hora solar pico), que suministró energía al circuito cerrado de televisión en un promedio de cuatro horas lo que permitió aprovechar el recurso renovable.

Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento generaron resultados satisfactorios,



generando energía suficiente desde los módulos fotovoltaicos, en función de lo cual, se calculó el tiempo de carga y descarga del sistema de generación solar (Cuadro 3).

Cuadro 3. Pruebas de funcionamiento del sistema fotovoltaico en la ESPE-Latacunga – Cotopaxi, Ecuador

Prueba de funcionamiento	Tiempo de descarga	Tiempo de carga
Con carga R*1	1 día	4 h
Con carga R2	1 día	3 h,20min
Con carga R3	1 día	4 h,30min

*R = repetición

Evaluación de la eficiencia de la energía solar desde el punto de vista ambiental y económico

Para evaluar la eficiencia se calculó la producción de energía en términos de kWh y se compararon con la producción eléctrica en tres regiones del Ecuador. Con la producción anual se estimó, usando el factor de conversión de CO₂, las toneladas de CO₂ emitidas anualmente por el generador, lo que permite evaluar la eficiencia económica y ambiental.

Se compararon los gastos y las emisiones de CO₂ en tres escenarios basados en la revisión de bases de datos institucionales: producción eléctrica nacional, sistema eólico desarrollado en

las islas Galápagos y sistema solar desarrollado en poblaciones rurales a la periferia de Quito, para los cálculos se usaron los valores promedios y los costos mensuales estimados por el sistema eléctrico nacional del Ecuador

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez diseñado el sistema de paneles solares y comprobado su óptimo funcionamiento, se realizó el análisis de su impacto en función del ámbito económico, de rendimiento y ambiental, para lo cual se evaluó la cantidad de energía producida anualmente, la cantidad de dinero ahorrado en función de la energía solar producida, su relación con los costos de energía eléctrica en el Ecuador y la estimaciones de producción de CO₂, en función de los niveles de radiación se calculó la producción de energía producida en kWh, la cual fue estimada en 0,46 kWh por día cuyos resultados se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Energía solar estimada mensual, generada en estación Latacunga– Cotopaxi, Ecuador.

Mes	Energía (kWh)
Enero	14,26
Febrero	12,88
Marzo	14,26
Abril	13,80
Mayo	14,26



Junio	13,80
Julio	14,26
Agosto	14,26
Septiembre	13,80
Octubre	14,26
Noviembre	13,80
Diciembre	14,26

El primer aspecto que se evaluó fue el impacto ambiental de los sistemas de generación solar, para ello se estimaron las emisiones de CO₂ y se compararon en las tres regiones ecuatorianas, considerando los valores promedios establecidos por el sistema de generación eléctrica del país (Cuadro 5).

Cuadro 5. Emisiones anuales de CO₂ producidas por la energía eléctrica, aerogenerador y panel solar en tres regiones ecuatorianas.

Regiones	Costa	Amazoni	Sierra
	a	a	a
	Ton CO ₂ MWh ⁻¹ energía producida		
Aerogenerador	0,33	0,33	0,33
Energía eléctrica	30,13	25,55	23,11
Panel solar	0,08	0,08	0,08

De acuerdo a estos resultados, dado que la producción de energía obviamente es menor en este tipo de proyecto energético las emisiones de CO₂ son mucho más bajas en el sistema de paneles solares, sin embargo cabe resaltar que este sistema es mucho más eficiente. Para calcular a una escala

mayor se observan los valores de producción energética en tres escenarios, la producción anual de energía eléctrica del Ecuador, considerando las cinco principales termoeléctricas, un sistema eólico ubicado en la Isla de San Cristóbal y un sistema de paneles solares para el autoabastecimiento de 450 familias en la provincia de Pichincha, el cual es el único proyecto solar a gran escala exitoso hasta el momento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Producción anual de energía y emisión de CO₂ en los principales complejos eléctricos ecuatorianos y en sistemas de energía limpia.

Proyecto eléctrico	Producción(MWh)	Tn CO ₂
Santa Elena	52.000	26.312
Jaramillo	457.000	2
Ocaña	87.232	44.140
Mazar	491.000	6
Machala	102.383	51.806
San Francisco	1.200.000	607.20
Eólico	5.735	2.902
Solar	691	350

En termino generales Ecuador produce anualmente 4.569.121, 26 MWh, lo cual se traduce en una emisión de 125.573 Tn de CO₂, lo que constituye un reto para los sistemas de producción de energía limpia, en los actuales momentos el más grande de los proyectos, San Cristóbal,



no logra reducir en más de 5 % la emisiones de CO₂.

Una de las desventajas para los sistemas alternativos en la región es que las mismas cuenta con un gran parque de complejos hidroeléctricos como Brasil (Lambertini, 2018) y Venezuela (Paz, 2019) y en el caso de Ecuador se han desarrollado los sistemas termoeléctricos (Oscullo, 2017), contando actualmente con más de 14 centrales eléctricas, si bien esta energía es altamente contaminante sus bajos costos de producción la hacen atractiva, a pesar de los daños ambientales que ocasiona (Centeno, 2018).

Desde el punto de vista económico, un panel solar domestico solo genera 167,90 kWh al año, su producción está muy por debajo del consumo de las tres principales regiones del Ecuador las cuales tiene como consumo diario por hogar de 167,3; 142,6 y 128,4 kWh, para amazonas, la costa y la sierra, respectivamente, por lo que el sistema de panel solar no logra satisfacer los requerimientos mínimos (Figura 2).

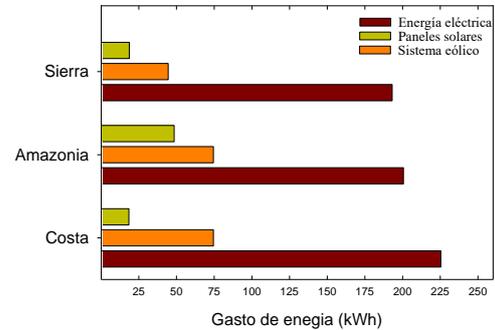


Figura 2. Gastos anuales de energía eléctrica y en sistemas de energía limpia en tres regiones ecuatorianas.

Adicionalmente el ahorro en términos de dinero es poco significativo (Figura 3), por lo que el sistema resulta poco atractivo si se consideran los bajo costos de la energía en Ecuador, la cual no supera los 20 \$ mensuales, lo que representa apenas una inversión del 5 % del salario mínimo mensual de la población (Centeno et al. 2018).

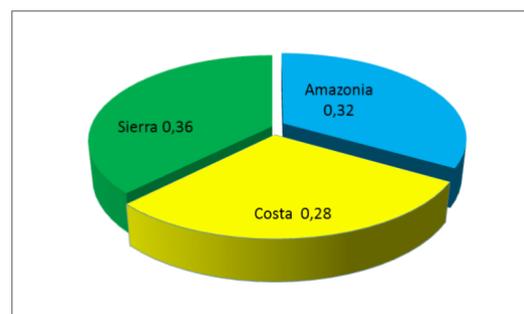


Figura 3. Ahorro potencial en energía mediante el uso de un panel solar en tres regiones del Ecuador.

Dado que los beneficios de los sistemas de energía alternativa en este caso la energía solar, no se verán reflejados en



un menor costo desde el punto de vista del presupuesto familiar, los objetivos deben estar centrados en los beneficios ambientales los cuales procuran la reducción del uso de energía fósil (diesel, petróleo o gas natural). Del total de energía eléctrica que se consume en Ecuador el 50,53 % es generado por plantas hidroeléctricas y el 49,47 % es generado por termométricas a base de petróleo, gas o diesel (Figura 4).

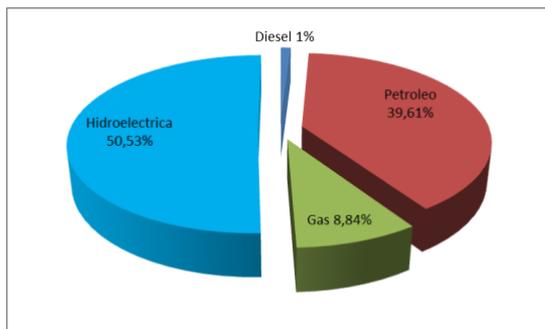


Figura 4. Fuentes de energía para la producción eléctrica en Ecuador.

La realidad de que más de 2.200.000 MWh de energía sean producidos mediante el uso de combustibles fósiles, en un riesgo alto que genera las emisiones de CO₂, con su efecto negativo sobre el calentamiento global, además que se ha reportado que estos hidrocarburos como el petróleo, diesel y el gas natural (Covert et al., 2016) además de contaminar la atmósfera, son

contaminantes del suelo, el agua y en general de todo el ecosistema (Ceballos et al. 2016).

La otra fuente de energía alternativa es la hidroeléctrica que produce la mitad de la energía eléctrica del país, si bien este tipo de energía es menos contaminante, para el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos, se requiere una alta intervención de los ecosistemas (La Marca et al. 2018), lo cual altera el ciclo hidrológico y el hábitat de especies (Castello y Macedo, 2016), además que el uso constante de agua causa presión en las cuencas hidrográficas y si no se llevan a cabo las medidas de conservación pertinentes, se pone en riesgo el abastecimiento de agua para la hidroeléctrica con las consecuentes fallas en la prestación de servicio que esto genera (Hasan y Wyseure, 2018).

Como se ha observado las fuentes de energía eléctrica existente en el Ecuador causan un impacto negativo en el ambiente, por lo que el reto de las investigaciones es generar fuentes de energía limpia que reduzcan las emisiones de gases que causan el calentamiento global, y además sean una



fuentes de suministro confiable a bajo costo.

CONCLUSIONES

Los valores de irradiación solar en la ciudad de la Latacunga, parroquia Belisario Quevedo fueron esenciales para el dimensionamiento del sistema de generación de energía fotovoltaica utilizando el recurso solar, lo cual permite abastecer de energía fotovoltaica a las cargas por un lapso de 3 a 4 horas seguidas según la situación climática del sector, lo que puede ser usado en periodos de contingencias para solventar fallas del sistema convencional.

La implementación de sistemas de generación de energía fotovoltaica como energía alternativa en lugares aislados permite alimentar cargas sin problemas teniendo un eficiente funcionamiento en estos lugares, por lo que es una alternativa de fuente de energía en localidades rurales del Ecuador, que no tienen acceso al sistema de energía eléctrica.

La energía solar es una fuente energética limpia para reducir las emisiones de CO₂, sin embargo para satisfacer las demandas energéticas de los hogares

ecuatorianos, se requiere de paneles solares de mayor dimensión y sistemas de almacenamiento que garanticen autonomía las 24 horas, el uso de este sistema energético de forma masiva es limitado por los bajos costos de la energía eléctrica en el Ecuador y los costos elevados para implementación de los paneles solares.

REFERENCIAS

- Barboza, L.S., Stanesco C.L., Vilorio A. (2018). *Políticas públicas en el sector suministro de energía e indicadores energéticos del desarrollo sostenible en Latinoamérica*. Revista Científica Compendium, 21 (41), 1-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88057719004>
- Cabrera M.A., Jaramillo V.G., Fries A. (2019). *Caracterización de variables meteorológicas a ser usadas como fuentes de energía en la región sur del Ecuador*. Revista Geoespacial, 15(2): 13-23.
- Casola L., Freier, A. (2018). *El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil*. Revista Derecho del Estado, (40): 153-179. <http://dx.doi.org/10.18601/012298.93.n40.07>.



- Castello, L., & Macedo, M. N. (2016). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global change biology*, 22(3), 990-1007. <https://doi.org/10.1111/gcb.13173>
- Ceballos, F. P., Galvez, A. R., Crespo, L. L. D., & Capote, V. V. (2016). Aporte de tecnologías limpias y sostenibles, en el desarrollo de las Cooperativas Agropecuarias. *Cooperativismo y Desarrollo: COODES*, 4(1), 53-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607718>
- Centeno, J. E. M., Molina, L. A. V., & Castillo, G. L. (2018). *Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual*. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 3(2): 29-36. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/1628/1823>
- Covert, T., Greenstone, M., & Knittel, C. R. (2016). Will we ever stop using fossil fuels?. *Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 117-38. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.30.1.117>
- Doussoulin E., Chalco Y. (2018). *El potencial de la energía solar: promesa de futuro para la región de Arica y Parinacota, Chile*. *Interciencia*, 43(8):541-543. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33957744001>
- Guzmán-Hernández, T.D.J., Araya-Rodríguez, F., Castro-Badilla, G., Obando-Ulloa, J.M. (2016). *Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética*. *Revista Tecnología en Marcha*, 29:46-56. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2984>
- Hasan M.M., Wyseure G. (2018). *Impact of climate change on hydropower generation in Rio Jubones Basin, Ecuador*. *Water Science and Engineering*, 11(2), 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.07.002>
- Hernandez, R., Easter, S., Murphy Mariscal, M., Maestre, F., Tavassoli, M., Allen, E., ... Michael, A. (2014). *Environmental impacts of utility-scale solar energy*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29: 766-779.
- La Marca E., Arriojas M., Costa F. (2018). *Represas hidroeléctricas en los Andes venezolanos: problemática ambiental, crisis energética y energías alternativas*. *SABER*, 30, 582-598.
- Lambertini, G. (2018). *Los Convenios bilaterales que soportan las interconexiones energéticas en América del Sur*. *ENERLAC*. *Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(1): 126-145. <http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/17>



- López Bastida E.J., Álvarez Sánchez, Y. (2018). *Evaluación ambiental de la transmisión y distribución de energía eléctrica en Cienfuegos*. Revista Universidad y Sociedad, 10(5): 313-322.
- Núñez M., Correa J., Herrera G., Gómez P., Morón S., Fonseca N. (2018). *Estudio de percepción sobre energía limpia y auto sostenible*. International Journal of Management Science & Operation Research, 3(1): 11-15. <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/89>
- Oscullo, J.A. (2017). *Evolución de las Emisiones de CO2 Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015*. Revista Técnica "energía", 13(1): 191-195. <https://doi.org/10.37116/revistaennergia.v13.n1.2017.21>
- Oviedo-Ocaña, E.R. (2018). *Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental*. Revista Salud UIS, 50(3): 191-192. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n3-2018003>
- Paz, J., del Jesús, M., Kelman, R., Navas, S., Okamura, L., & Feliu, E. (2019). Vulnerabilidad al Cambio Climático y Medidas de Adaptación de los Sistemas Hidroeléctricos en los Países Andinos.
- Pilar C., Vera L.V.L., Martínez C., Poladian, A. (2019). *Estudio de factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos en viviendas tipo de la ciudad autónoma de Buenos Aires*. Arquitecto, (13): 25-34. <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0134159>
- Rionda Á.M., Martínez, M.T., Soto, J.D.A. (2018). *Diseño de un dispositivo para demostrar la transformación de energía solar en mecánica y lumínica y la eficiencia de estos en varios tipos de configuraciones*. JÓVENES EN LA CIENCIA, 4(1), 678-682.
- Salazar-Peralta A., Pichardo-S A., Pichardo U. (2016). *La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable*. Revista de Investigación y Desarrollo, 2(5): 11-20.
- Serrano-Guzmán M. F., Pérez-Ruiz D. D., Galvis-Martínez J.F., Rodríguez Sierra M.L., Correa Torres S.N. (2017). *Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 25(71): 85-93. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67452917011>
- Vélez, A.M. (2018). *Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador*. Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 3(1): 23-29.



<https://doi.org/10.33936/riemat.v3i1.1420>