

Implementación del cercado eléctrico a base de paneles solares en la cabaña de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Implementation of the electrical fence based on solar panels in the cabaña of The Technical University of Cotopaxi Extension La Maná

Diego Fernando Estrella Tapia¹, William Paul Pazuña Naranjo², William Armando Hidalgo Osorio², Paco Jovanni Vasquez Carrera²

¹Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, Santo Domingo – Ecuador

²Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: diegoestrella@tsachila.edu.ec¹, william.pazuna²@utc.edu.ec² william.hidalgo7885@utc.edu.ec², paco.vasquez@utc.edu.ec²

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
12/07/2022

Aceptado:
15/10/2022

Publicado:
18/11/2022

Revista:
DATEH



Resumen

La seguridad en nuestros hogares o lugar de trabajo es una prioridad, para ellos la seguridad residencial implementan tecnologías inteligentes que garanticen una vigilancia constante y que tenga la capacidad de dar una respuesta inmediata al momento de que se exista una infracción en nuestro bien inmobiliario. Si bien se conoce que la mayoría de los artefactos electrónicos de hogares esta diseñados para usar la corriente eléctrica que brindan las empresas de energía, pero dicha energía eléctrica causa daños directo e indirecto al ambiente destruyendo ecosistema para instalar sus generadores, tendido eléctrico, etc. En las últimas décadas se ha hablado de energía renovables o energías limpias, que hace muchos años atrás era algo imposible para aquella época, pero gracias a los avances tecnológicos hoy se puede cambiar al mundo usando los recursos renovables que brinda el planeta tales como; energía eólica, mareomotriz y energía solar.

Palabras clave: Inversor, Celdas fotovoltaica, energía solar, acumulador, recursos renovables.

Abstract

Security in our homes or workplace is a priority, for them residential security implements smart technologies that guarantee constant vigilance and have the ability to give an immediate response when there is an infraction in our real estate. Although we know that most of the electronic devices in homes are designed to use the electric current provided by the energy companies, but said electric energy causes direct and indirect damage to the environment, destroying the ecosystem to install its generators, power lines, etc. In recent decades there has been talk of renewable energy or clean energy, which many years ago was something impossible for that time, but thanks to technological advances today we can change the world using the renewable resources that our planet provides us such as; wind power, tidal power and solar power. The cabin, a real estate property of the Technical University of Cotopaxi, La Mana extension, today does not have a security system, for which it is exposed to any crime. Due to this need, the technological proposal that aims to implement and design a residential electric fence, using solar energy through photovoltaic cells, is disclosed. The design of the electric fence includes the use of a commercial energizer that needs current from the power lines for its operation, and our photovoltaic system delivers DC current, for which it must be corrected with an inverter.

Keywords: Inverter, Photovoltaic cell, solar energy, accumulator renewable resources.

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

El hombre desde que descubrió la energía eléctrica, ha ido evolucionando el mundo a pasos agigantados, pero, esto le

ha costado que los recursos naturales disminuyeran incluso contaminado parte de su entorno. Gracias a los nuevos descubrimientos y avances tecnológicos podemos tomar

energía que nos brinda el sol, el agua y el viento, estas clases de energías naturales son recursos inagotables que no causan ningún impacto negativo o contaminación del ecosistema.

En Ecuador las instalaciones fotovoltaicas más representativas son las realizadas en base a las Regulaciones 004/11 y 009/08 (despacho preferente y precios especiales, respectivamente) del CONELEC. Estas instalaciones se refieren a proyectos conectados a la red eléctrica (Peláez & Espinoza, 2015). Adicionalmente, es importante destacar las instalaciones en la provincia insular de Galápagos, a través del programa Cero Combustible Fósiles en Galápagos impulsado por el Estado ecuatoriano. En dicha provincia se desarrollan los proyectos fotovoltaicos: Isla Baltra (200 kilovatios pico - kWp) y Puerto Ayora 1,5 Megavatios Pico (MWp). También se destaca el proyecto híbrido Isabela que considera una planta térmica a biodiesel de 1,2 (MWp) y una solar fotovoltaica de 1,5 (MWp) (MEER, 2016).

Según los datos estadísticos del Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador – CONELEC, actualmente a nivel de micro-redes se tienen instalaciones fotovoltaicas en Galápagos: Isabela (sistemas aislados 0,01 MW), Santa Cruz (sistemas aislados 0,01 MW), Floreana (sistemas aislados 0,01 MW), San Cristóbal (sistemas aislados 0,01 MW); en Morona Santiago: Huamboya (0,37 MW).

Este proyecto pretende la construcción de un cerco eléctrico aprovechando la energía solar, para brindar seguridad a la cabaña de la Universidad Técnica De Cotopaxi con base a los estudios realizados en diferentes literaturas, donde se manejarán cálculos para el respectivo diseño, hasta su implementación, logrando así captar toda la energía solar para transformarlo en energía eléctrica para satisfacer energéticamente la implementación del cerco eléctrico.

El proyecto busca el mejor aprovechamiento de la energía solar, permitiendo que sea utilizada para implementar cercas eléctricas para la protección y seguridad de un bien, como alternativa podemos ahorrar costos y consumo excesivo de energía eléctrica, con la ayuda de paneles fotovoltaicos es posible optimizar estos riesgos con la facilidad de implementación en cualquier punto del país.

La razón para implementar este proyecto, es porque en el Centro Experimental La Playita perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná se diseñó e implementó una cerca electrificada controlada por un microprocesador, que cumplió las necesidades de protección dentro de los predios de la institución en caso de intento de hurto. Además, esto ayudó a poner en práctica

los conocimientos teóricos y prácticos obtenidos dentro de la Universidad.

Por lo tanto, en el presente proyecto se implementará un cerco eléctrico para brindar seguridad en las cabañas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, se instalará un cercado eléctrico residencial para brindar una cómoda seguridad sin comprometer la estética del área, para lo cual se diseñará una estructura óptima para evitar el consumo de energía de la institución. El sistema estará conectada a una batería que recibe energía a través de un panel fotovoltaico de 100 watts, y el cerco estará estructurado para brindar un voltaje máximo de 14 kilovoltios (kV) y una salida nominal de 9kV a 11kV, esto aborda la necesidad de protección contra intentos de robo en el lugar de implementación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Becquerel en 1838 cuando tenía sólo 19 años. Becquerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol. El siguiente paso se dio en 1873 cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio (Soto, 2014).

Pocos años más tarde, en 1877, El inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio. Si bien en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada cualquier aplicación práctica, se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles (Soto, 2014).

En 1883, Charles Fritts hizo las primeras celdas solares (basado en el trabajo de Willoughby Smith mediante la flexibilidad del selenio a la luz), las láminas de selenio estaban cubiertas con una fina capa de oro; sensor de luz para usar como cámara; menciona que tiene 1% de eficiencia; Fritts envió sus celdas a Werner VonSiemens, quien las mostró a la Real Academia Prusiana, donde mostró evidencia de que la energía lumínica se convierte directamente en Electricidad (Trespalcios, 2015).

En 1887, Heinrich Hertz demostró que un arco formado entre dos electrodos conectado a un alto voltaje tenía un valor mayor cuando se irradiaba con luz ultravioleta que cuando se dejaba en la oscuridad (Trespalcios, 2015).

En 1891, Alexander Stoletov el físico ruso construyó la primera celda fotovoltaica basada por Hertz en el efecto fotoeléctrico descubierto.

En 1905, Albert Einstein propuso una nueva teoría cuántica de la luz y explicó el efecto fotoeléctrico, al descubrir que cuando la luz violeta (fotones de alta frecuencia) se usa para arrancar electrones de los metales y generar una corriente eléctrica, ganó con esta investigación el premio nobel. Premio de Física en 1921.

En 1946, Russel Ohl el ingeniero estadounidense patentó la primera célula solar de silicio moderna.

En 1953, en Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Chaplin y Calvin Fuller crearon las primeras celdas solares prácticas con una eficiencia del 6%; su experiencia en Washington, EE. UU. Presentado en una reunión de la Academia Nacional de Ciencias, donde realizó una producción de radio.; la noticia fue registrada por los medios de comunicación, que aseguraban estar alimentados por celdas solares de Bell (Puig & Jofra, 2007).

Con estas, las celdas fotovoltaicas avances comenzaron a industrializarse; la primera fue Western Electric, quien la usó en líneas telefónicas en zonas rurales de Georgia, EE. UU.; en 1955, National Fabricated Product compró la patente para hacer baterías más eficientes; En 1956, Hoffman Electrónica creó la primera empresa en fabricar y comercializar paneles fotovoltaicos, introduciéndolos a diferentes aplicaciones, principalmente en lugares sin red eléctrica. (Puig & Jofra, 2007).

8.1.2 Producción de energía solar fotovoltaica en el mundo

La oferta mundial de energía pasó de 6.642 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) en 1980, a 10 939 millones de TEP en el 2005; a 12 170 millones de TEP en el 2010; y, a 13 105 millones de TEP en el 2015; con una tasa media anual de crecimiento del 1,8 %, en el último decenio (2005-2015). La matriz de energía mundial, en este periodo de 35 años, no presentó modificaciones estructurales significativas en lo que se refiere a la utilización de fuentes primarias de energía (Muñoz-Vizhñay, Rojas-Moncayo, & Barreto-Calle, 2018). De esta manera, es imprescindible considerar nuevas fuentes de energías primarias menos contaminantes como el caso del gas natural y las energías renovables. En este ámbito la energía solar fotovoltaica ha tenido en los últimos años el mayor crecimiento entre las energías renovables (Muñoz-Vizhñay, Rojas-Moncayo, & Barreto-Calle, 2018).

La energía solar fotovoltaica (ESFV) es una fuente energía renovable, que puede ser utilizada para generar electricidad mediante el uso de paneles. Solar Fotovoltaica (PSFV) que

convierte la radiación solar convierte la energía solar en electricidad, haciéndola adecuada para una variedad de actividades de la vida (Arencibia, 2016).

Los sistemas solares globales generaron 85 TWh en 2011, suficiente para satisfacer las necesidades de 100 millones de personas, con Europa a la cabeza con 51 GW de capacidad instalada, seguida de Japón (5 GW), EE. UU. (4,4 GW) y China (3,1 GW). . En Europa, España lidera el camino (Arencibia, 2016).

Dado que la potencia que genera una celda solar es pequeña, lo que se hace es conectar varias entre sí para aumentar el voltaje o la corriente. Generalmente se fabrican para producir voltajes de 12 o 24 volts de corriente directa. A un conjunto de varias celdas conectadas entre sí se le llama panel o módulo fotovoltaico (Arancibia, Best, & Brown, 2010).

Usando módulos solares respaldados con baterías es posible dar energía a una gran variedad de aplicaciones aisladas, como telefonía rural, antenas de telecomunicaciones, boyas marítimas, televisión educativa rural, estaciones meteorológicas remotas, bombeo de agua rural, señalizaciones en carreteras y otras. En los primeros años de la tecnología fotovoltaica estas aplicaciones fueron las que más crecieron. Sin embargo, hoy las aplicaciones que más están creciendo son las de suministro de electricidad a casas o edificios de oficinas ubicados en ciudades (Arancibia, Best, & Brown, 2010).

En Ecuador las instalaciones fotovoltaicas más representativas son las realizadas en base a las Regulaciones 004/11 y 009/08 (despacho preferente y precios especiales, respectivamente) del CONELEC. Estas instalaciones se refieren a proyectos conectados a la red eléctrica (Peláez & Espinoza, 2015). Adicionalmente, es importante destacar las instalaciones en la provincia insular de Galápagos, a través del programa Cero Combustible Fósiles en Galápagos impulsado por el Estado ecuatoriano. En dicha provincia se desarrollan los proyectos fotovoltaicos: Isla Baltra (200 kilovatios pico - kWp) y Puerto Ayora 1,5 Megavatios Pico (MWp). También se destaca el proyecto híbrido Isabela que considera una planta térmica a biodiesel de 1,2 (MWp) y una solar fotovoltaica de 1,5 (MWp) (MEER, 2016).

Según los datos estadísticos del Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador – CONELEC, actualmente a nivel de micro-redes se tienen instalaciones fotovoltaicas en Galápagos: Isabela (sistemas aislados 0,01 MW), Santa Cruz (sistemas aislados 0,01 MW), Floreana (sistemas

aislados 0,01 MW), San Cristóbal (sistemas aislados 0,01 MW); en Morona Santiago: Huamboya (0,37 MW).

En cuanto a instalaciones individuales para zonas aisladas, el trabajo realizado por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., en su área de concesión en la provincia de Morona Santiago alcanza una potencia instalada de 0,45 MW, que corresponde a 3000 sistemas fotovoltaicos aislados residenciales - SFVAR de 150 Wp cada uno (Peláez & Espinoza, 2015).

Procedimiento. Los cercos solares son una alternativa importante para los productores por sus múltiples beneficios. El primero de ellos es utilizar un recurso que está disponible gratuitamente para todos: la luz solar. De esta forma, los productores pueden ahorrar en las cuotas mensuales que deben pagar si cuentan con un cerco que se alimenta de la red municipal (Contexto ganadero, 2015).

Algunos documentos realizados acerca de cercas eléctricas alimentadas con energía fotovoltaica, afirman que los resultados han sido favorables para el control de animales vacunos en lugares remotos donde no hay acceso a la red eléctrica, los autores (Castellano & Vargas, 2021), menciona en su proyecto que gracias a la implementación de paneles solares de silicio han logrado tener una potencia por día de 40W considerando que la zona de Pílo, tiene muy poca hora de radiación solar.

Radiación Solar

La radiación solar es la energía electromagnética que surge en los procesos de fusión del hidrógeno contenido en el Sol. La energía solar que en un año llega a la Tierra a través de la atmósfera es aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la Tierra fuera de la atmósfera de la cual 70% llega al mar y la energía restante 1.5x10¹⁷ Kilovatios horas (kW-h) a tierra firme (Hernández, 2017).

La irradiación solar que llega al plano terrestre puede ser directa. La radiación directa cae sobre cualquier superficie en un ángulo de incidencia única y precisa, mientras que la radiación difusa cae sobre esa superficie en varios ángulos. Mientras que la radiación inmediata no incide en la superficie debido a los obstáculos, la zona sombreada no queda completamente oscura debido al aporte de la radiación difusa (Hernández, 2017).

Materiales.

Multímetro:

Con este instrumento de medición de corrientes podemos comprobar el voltaje que manda el inversor de corriente al energizador del cerco dando como valor de 120v en corriente alterna, además de medir el voltaje de la batería

cuando está siendo recargada por el controlador del panel solar.

Amperímetro:

Con este equipo de medición se logra obtener el consumo en amperios que tiene cada equipo como el energizador y el consumo de la batería alimentando todo el equipo del cerco electro.

Diseño experimental.

Temperatura en el cantón la Maná

La temporada calurosa dura 2,3 meses, del 5 de agosto al 14 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C. El mes más cálido del año en La Maná es abril, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y mínima de 24 °C (Weather-atlas, 2022).

La temporada fresca dura 3,2 meses, del 19 de enero al 27 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 31 °C ver en la figura 1. El mes más frío del año en La Maná es julio, con una temperatura mínima promedio de 22 °C y máxima de 32 °C

Recolección de datos. En La Maná, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en La Maná comienza aproximadamente el 27 de mayo; dura 4,0 meses y se termina aproximadamente el 28 de septiembre (Weather-atlas, 2022).

El mes más despejado del año en La Maná es julio, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 51 % del tiempo ver en el gráfico 2 (Weather-atlas, 2022).

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 28 de septiembre; dura 8,0 meses y se termina aproximadamente el 27 de mayo (Weather-atlas, 2022).

El mes más nublado del año en La Maná es febrero, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 91 % del tiempo (Weather-atlas, 2022).

La duración del día en La Maná no varía considerablemente durante el año, solamente varía 10 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2022, el día más corto es el 21 de junio, con 12 horas y 4 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 11 minutos de luz natural (Weather-atlas, 2022).

La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más

gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total ver en gráfico 3 (Weather-atlas, 2022).

Dataset.

- Captación y concentración de energía solar
- Transformación para su utilización

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revelación del efecto fotoeléctrico la hizo Heinrich Hertz en 1887, cuando trató de dar resultados positivos a la teoría de Maxwell del electromagnetismo de radiación, en la naturaleza de las ondas. El experimento consistió en generar una chispa con una bobina de inducción y detectó el efecto de la radiación electromagnética emitida al observar la presencia de otra chispa entre los extremos de un cable enrollado en círculo y cierta distancia del transmisor a cierta distancia del emisor (Rodríguez & Cervantes, 2006).

El resultado fotoeléctrico se logra crear absolutamente de la siguiente manera. Si iluminamos una superficie metálica con un haz de luz de la frecuencia adecuada (por ejemplo, sodio con una frecuencia de 6×10^{14} /seg), la superficie emite electrones. A esta emisión de electrones de una superficie por la acción de la luz se le denomina efecto fotoeléctrico (Rodríguez & Cervantes, 2006).

Ventajas del Cerco Eléctrico

Muchos hogares y negocios utilizan cercos eléctricos para proteger su perímetro o áreas críticas (Navarro, 2019). El elemento de protección presenta la siguiente serie de ventajas:

- Doble Uso: Además de actuar como agente protector contra intrusos, actúa como una valla que delimita el perímetro de nuestra propiedad. Por tanto, pueden ser utilizados como elementos que aclaren los límites de nuestro territorio (Navarro, 2019).
- Facilidad de Mantenimiento: Los cercos eléctricos requieren mantenimiento ocasional y no son complicados. Adicionalmente, se dispone de materiales para reponer piezas faltantes (Navarro, 2019).
- Método no letal: un método para repeler a intrusos no deseados a la propiedad sin causar daños graves (Navarro, 2019).
- Protección permanente: El cerco electrónico logra estar persistentemente activado y trabajar las 24 horas. Esto garantiza que tengamos una protección continua sin tener que hacer nada más (Navarro, 2019).

- Disuasión: La mera presencia de una cerca eléctrica evita que los intrusos intenten acceder al perímetro (Navarro, 2019).
- Consumo de energía bajos: La electrificadora que suministra de energía al perímetro eléctrico, consume la energía parecida a un foco económico de 8 vatios (Navarro, 2019).

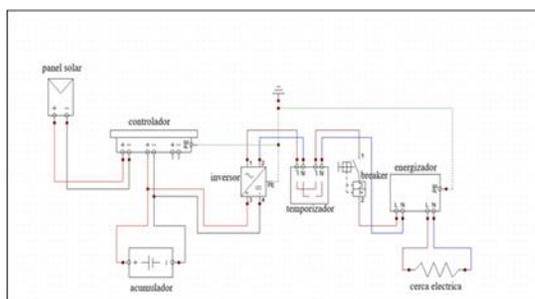


Figura 1. Diagrama de conexión de los componentes.

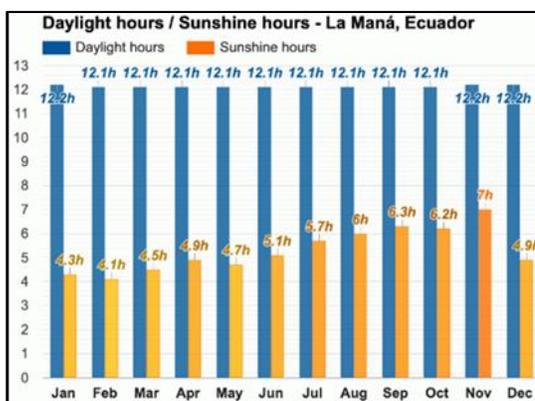


Figura 2. Luz diurna promedio de sofocación La Maná.

CONCLUSIONES

El cantón La Maná posee una radiación solar al año sin una variación significativa, pues su promedio de hora sol es de 5.33 HSP, generando así 5334.25 Wh/m2 lo que resulta favorable para aplicar cualquier proyecto de alimentación por energía fotovoltaica.

Para la dimensión del equipo del cerco eléctrico es prioritario conocer la radiación solar existente en el área de estudio, pues gracias a ello se puede obtener resultados más acertados al momento de realizar los cálculos y verificar si los componentes tanto como electrónicos y materiales de construcción son adecuados. El cerco eléctrico consta de un electrificador de 5 watt y genera descargas de pulsos de tensión máxima de 14Kv y salida nominal entre 9Kv y 11Kv, esto lo hace eficiente a la hora de ponerlo en marcha, además de implementar una alarma de 20watt que generara un sonido de alta frecuencia para alertar de que el sistema ha sido violado y su reloj temporizador, todos estos

componentes están fabricados para trabajar con un voltaje de 110V Ac y la implementación de panel solar trabaja con 12V Dc por lo que es necesario corregir ese problema con un inversor de corriente de onda pura que transforma 12V Dc a 110V Ac, todo esto es alimentado con una batería de ácido de 12V a 100Ah.

La implementación del cerco tiene como objetivo 8 horas de trabajo que va desde las 10Pm hasta las 6Am teniendo un consumo de trabajo de 17.92Ah por turno esto es comprobado con el uso de una pinza amperímetro, la batería al ser de 100Ah se descargaría hasta los 82.08Ah lo que resulta una descarga menos del 50% de la batería eso ayuda a prolongar la vida útil de la batería. El panel solar de 100W genera 7.44Ah al día tiene 5.33 hora de sol lo que nos da un 39.656 Ah lo que resulta que genera más energía de lo que consume al momento de trabajar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, C., Best, R., & Brown. (Abril-Junio de 2010). *revistaciencia.amc.edu.mx*.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- Arancibia, G. (Septiembre de 2016). La importancia fundamental de la utilización de los paneles solares para generar energía eléctrica.
- Cadena, A. A. (Agosto de 2009). Guía para la preparación de anteproyectos de energía solar fotovoltaica. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2239/1/CD-2536.pdf>
- Castellano, A. K., & Vargas, V. C. (Marzo de 2021). Diseño e implementación de un cerco eléctrico, para. Pilalo, Cotopaxi, Ecuador: Repositorio UTC.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8087>
- CONELEC. (2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito, Pichincha, Ecuador.
<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Contexto ganadero. (17 de Diciembre de 2015). *contextoganadero*.
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/los-beneficios-de-usar-cercas-electricas-con-paneles-solares>
- Cornejo, L. H. (Octubre de 2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el centro materno infantil de la universidad de piura. Piura, Perú: Universidad De Piura.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1762/IME_172.pdf?seq

GALLAGHER. (2019). Introducción al cercado eléctrico Diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de cercado eléctrico. E.E.U.U: Gallagher North America.

Guasco, M. (S/N). *rnds.com.ar*.
http://www.rnds.com.ar/articulos/120/RNDS_102-108W.pdf

Hernández, G. R. (agosto de 2017). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV. Villahermosa, Tabasco, México.
<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallegosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>