

Construcción de un Parque Fotovoltaico en la Población Rural de Cimitarra
Colombia a Través del Software GIS como Herramienta Ubicación y Consulta de
Datos Cartográficos

Presentado por:

Claudia Rueda Mejía
Código d7301917

Ensayo de grado para optar al título de:

Ingeniero Civil



Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Estudios a Distancia

Ingeniería Civil

Bogotá D.C.

2021

Resumen

El propósito de esta investigación es realizar un análisis sobre la ubicación estratégica para la construcción de un parque fotovoltaico en la población rural de Cimitarra, Santander -Colombia. La importancia de la obra, no solo radica por presentar soluciones a la deficiencia del servicio de energía convencional con la que cuenta la población, sino la exigencia de obtener energía de bajo impacto ambiental para el planeta. Se propone para Cimitarra un parque eléctrico de energía fotovoltaica en la que se aprovechen las condiciones de energía directa del sol como energía limpia para su desarrollo. Los estudios tienen su fundamento en las herramientas del software del GIS, con miras a proyectarlos en otras áreas rurales del resto del país que tienen falencias en el suministro de energía eléctrica convencional. Asimismo, la investigación se propone como objetivo general: Analizar las condiciones topográficas para la construcción de cualquier parque fotovoltaico en las poblaciones rurales de Colombia, a través de la consulta de datos cartográficos; como objetivos específicos:

- a) Diseñar el proceso de consulta de datos del software GIS, para la toma de decisiones en la ejecución del proyecto fotovoltaico que implementaríamos en la zona rural de Cimitarra, Santander.
- b) Determinar las ventajas de implementación del parque fotovoltaico, en lugar de cualquier otra solución que no produzca dióxido de carbono en Cimitarra.

La metodología que aplicaremos está basada en fuentes bibliográficas, en libros de fuentes de energía limpia, en revistas científicas, en trabajos de investigación y datos obtenidos del software GIS (ArcMap y ArcCatalog) para consulta de datos cartográficos. Es importante subrayar que la energía fotovoltaica conduce a las empresas generadoras del suministro a la conservación y cuidado del ambiente, no genera problemas de contaminación, minimiza costos, y se aprovechan los excedentes de energía del día. Los estudios aplicando las herramientas del software nos ha indicado que la ubicación de la población de Cimitarra es en el departamento la más precisa para la construcción de un parque fotovoltaico en la región.

Palabras clave: Energía Eléctrica Renovable, Parque Fotovoltaico, Software SIG, Medio ambiente, Energía limpia, Cimitarra.

Introducción

La conformación de las industrias del sector eléctrico ha jugado un papel importante en Colombia, aportando energía eléctrica a las empresas y a la población en general, llevando el servicio a todas las comunidades donde se requiera el consumo, abriendo paso a la globalización y facilitando el proceso de nuevas tecnologías durante las últimas décadas. (León, 2019)

El recurso energético en Latinoamérica ha tenido fuerte impacto en la conservación del ambiente, debido a que la energía hidroeléctrica a pesar de ser renovable, también incide sobre la pérdida de resiliencia de los ecosistemas, y existen barreras para implementar nuevas formas de utilización de la energía eléctrica renovable no tradicionales, como son la eólica, la fotovoltaica, entre otras, (Jiménez et al., 2019)

Colombia no ha sido indiferente en cuanto al tema de disminuir el impacto negativo que ocasiona el uso de combustible fósil para producir energía eléctrica, y además ha buscado nuevas alternativas para solucionar la problemática de abastecer a toda la población nacional en general, ya que con el paso del tiempo este servicio viene presentando síntomas preocupantes de deficiencia porque no abastece a todas las comunidades.

El problema de abastecer unos sectores más que otros, se debe a múltiples factores, como el incremento de consumo de energía residencial e industrial, que son elementos dinamizadores para el desarrollo económico, y por el crecimiento acelerado de las poblaciones en las zonas urbanas y rurales (Osorio y Perea, 2019). También a la proliferación de poblados muy distantes, desafíos e fenómenos naturales del Niño y la Niña. Igualmente, se pone en tela de juicio a las empresas privadas por los altos costos que representa y las acciones estatales para dar asistencia a dichas comunidades, lo que ha generado la creación de empresas que satisfagan las demandas de cobertura eléctrica para estos poblados apartados. (Carrillo y Perdomo, 2017)

Es así como, retomando el punto principal, se propone analizar las condiciones de una tecnología alternativa de bajo coste, como la energía renovable fotovoltaica, para uso en la comunidad rural de Cimitarra, Colombia. Esto teniendo el balance que cuenta con energía hidroeléctrica deficiente, proponemos la implementación del suministro energía fotovoltaica, en la se buscan solucionar los problemas de la comunidad. El parque fotovoltaico tendrá el tamaño de las demandas de consumo que no redunde en costos extras por mantenimiento y pérdida de energía extra almacenada.

Se escogió la población de Cimitarra para construir un parque fotovoltaico, ya que se requiere mejorar y planificar a futuro el servicio eléctrico: y porque dada su ubicación no existe un sistema montañoso que obstaculice su ejecución. Es decir, se analizaron las curvas de nivel en el software Sistema de Información Geográfica, (por sus siglas en inglés GIS –ArcGIS.) tal como se muestran de un terreno plano, lo cual favorece su construcción según el estudio de factibilidad. Asimismo, la construcción del parque fotovoltaico brindará ayuda a otras zonas urbanas como Cabecera Municipal de: Caracolí, Landázuri, Puerto Berrio, Puerto Parra, Puerto Boyacá y Puerto Nare; como también los Caseríos: Arales, El Porvenir y Las Flores; los Corregimientos de: La Sierra, Puerto Serviez, Estación Coconá, Puerto Perales, Puerto Perales Nuevo; y las Inspecciones de Policía: La Floresta y Puerto Olaya.

Por lo antes expuesto, se propone como *interrogante* ¿Qué ventajas presentaría para la comunidad de Cimitarra si se implementara el montaje del parque fotovoltaico a través del software GIS como herramienta básica de datos cartográficos?

De igual manera, se propone como *objetivo general*: Analizar la ubicación más conveniente para la construcción de dicho parque fotovoltaico asegurando la modernización ecológica según las perspectivas generales del Sistema Nacional Ambiental de Colombia. Como *objetivos*

específicos: a) Diseñar el proceso de montaje contando con los datos del software GIS, y ejecutar el proyecto fotovoltaicos con ese criterio para un mayor provecho de la comunidad rural. b) Determinar las ventajas de implementación de un parque fotovoltaico para Cimitarra Santander.

En este orden de ideas se discuten las *razones que justifican el estudio* por ser una problemática de análisis para la ubicación de la construcción de un estudio de factibilidad, basado en material para la revisión y apoyo proveniente de fuentes on-line y diferentes bibliográficos que nos permitan desarrollar los marcos teóricos con base a la obtención de datos obtenidos del Software GIS (ArcMap y ArcCatalog), los cuales se aplicarán por etapas:

- a) Consulta y descarga de información cartográfica a través del software SIG, con apoyo en las fuentes del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia).
- b) Ubicación geográfica del parque fotovoltaico a ejecutar.
- c) Realización de geo procesos, para su viabilidad de revisión: conversión de la información en Kmz a Shapefile (convertidor de software de Google Eart, dispositivos GPS), creación del área de estudio a través de la herramienta Clip; realización de figuras de localización y con base a las capas de área sensibles (protegidas, sociales y proyectos licenciados) se intersecta el parque solar, línea de transmisión y subestación; se elaboran las figuras correspondientes a las intersecciones mencionadas; y con base a la cartografía se identifican áreas de intervención de las coberturas y ecosistemas, para luego exportar las salidas gráficas.
- d) Con relación a los datos se elaborará el informe técnico para el proyecto de grado, por ende, se estudia la parte histórica a partir de su fundación de la localidad de Cimitarra y su evolución sobre la energía eléctrica convencional; al igual que las condiciones sobre la calidad de vida que

presenta la comunidad en atención a un servicio de energía caracterizado por la deficiencia y las posibles soluciones que se dan en este ensayo.

Contenido

Históricamente las ciudades utilizaban combustibles fósiles como la leña para alumbrarse por las noches y así obtener la luz y calor en los hogares; poco a poco se fue sustituyendo por el carbón y el petróleo para dar movimiento a las máquinas de vapor (ferrocarriles), que abrieron paso a la industrialización. Con el paso del tiempo se ha venido sustituyendo este tipo de energía por energía hidráulica o convencional, cuyos sistemas de movimientos son por aguas a través de turbinas; y genera costos elevadísimos para que pueda llegar a los hogares y empresas de los centros urbanos y rurales del país. (Vásquez, 2015).

Desde hace muchos años, la energía que se ha utilizado para las grandes economías ha sido la energía hidroeléctrica; y hoy los países europeos han tomado como alternativa la energía renovable o no convencional, ya que es un tipo de energía que marca una fuerte tendencia a minimizar la contaminación ambiental y el mantenimiento de la sostenibilidad que restrinja la evolución del impacto ambiental. A través de industrias sostenibles se busca salirle al paso a los problemas del efecto invernadero, en pro y cuidado del planeta; y se tiende a crear empresas que brinden energía eléctrica renovable, como es el caso de la energía fotovoltaica, para este estudio. (Caraballo y García, 2017)

Hoy día Colombia, no cuenta con políticas y programas regulatorios para el suministro de *energía eléctrica renovable* o no convencional, y que de alguna forma se financie este servicio (CCB, 2017); por lo que es una necesidad de más de los jefe de Estado poner de manifiesto políticas viables para hacerle frente al reto que genera el cambio climático, dado que desde hace

aproximadamente 70 años la temperatura del planeta se han elevado, y en las últimas décadas las emisiones de carbono han aumentado aproximadamente en un 20%.

Por otra parte, la energía convencional presenta un desarrollo sostenible que, con los fenómenos de El Niño y La Niña, urge la necesidad de la descarbonización energética, implementado la energía fotovoltaica o eólica, que, con la energía hidroeléctrica, vayan de la mano en un plan de neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Y en la que se establezca una agremiación de organizaciones nacionales y extranjeras que coadyuven en el desarrollo a través de planes de llevar energía eléctrica a las comunidades más necesitadas; enfatizando el potencial de vientos y de sol para evaluar proyectos de alta tecnología. (Ortiz, 2017)

Para poder innovar con la energía fotovoltaica en Colombia, existe buena disposición por parte de los entes gubernamentales, porque se han puesto en funcionamiento mecanismos reguladores en este tipo de gestión energética no convencional, (CCB, 2017), lo cual ha sido de gran facilidad para la implementación. Sin estos mecanismos reguladores, la posibilidad de construir parques energéticos con paneles solares, bajos en la emisión de carbono, solo podrían construirse a sabiendas del alto costo de aranceles y gastos de mantenimiento.

Colombia proyecta un crecimiento para explotar la energía renovable (eólica, fotovoltaica, etc.), por encontrarse en la zona del ecuador del planeta, y recibe abundante sol en la mayoría de sus regiones. A esto hay que agregarle que al contar con dos océanos, la implementación de energía eólica, se facilita para cambiar las energías tradicionales. De este modo implementar a este tipo de sistemas fotovoltaicos, contando con el recurso principal: la energía solar y los vientos, vemos los lugares estratégicos para su implementación, como en la Guajira, de igual modo en Cimitarra, y todo el país. (Luicio, 2017).

Igualmente, según datos de Ser Colombia, Salguero (2018), agrupa más de 23 compañías que apuestan a las energías renovables: “el 93% de la explotación y producción energética está constituida por recursos de origen fósil, un 4% de hidroenergía y un 2% de biomasa y residuos”.

En cuanto a *las regulaciones* jurídicas para este tipo de energía no convencional, el Gobierno nacional crea la Ley 1715 de 2014, “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, a través del Ministerio de Minas con el propósito de desarrollar la energía no convencional, de sostenibilidad para el ambiente, a través de la integración de zonas rurales no interconectadas al sistema actual de energía eléctrica, en el que se hace necesario el desarrollo de este servicio para generar calidad y seguridad a las zonas rurales, poblaciones más desposeídas o en condiciones de vulnerabilidad, en cuanto al abastecimiento energético para la población. (Ministerio de Energía, 2021).

También el Ministerio del Ambiente a través de su Decreto 1283 (8/8/2016), determina los procedimientos a seguir para las empresas que requieran una certificación para trabajar con la energía no convencional, la cual procura por un medioambiente sano, y se obtienen beneficios tributarios para este tipo de empresas (Ministerio del Ambiente, 2016). Según estos lineamientos del Ministerio se requiere de una licencia ambiental para poder operar fácilmente y se evalúan concretamente desde el Decreto 2020 de (2010), donde se determina para qué tipo de proyecto se aplica el permiso, así como los requisitos necesarios a presentar para su solicitud. (Pascualino et al., 2015)

Asimismo, el Gobierno Nacional hace constantes inversiones y ampliaciones al parque energético. Las regulaciones y la expansión de estas industrias están planificadas para los sectores con energía eléctrica hidráulica o convencional, para que el país “no se apague del todo”. Sin embargo, a pesar de este sesgo, hay una tendencia a implementar energía limpia que no degrade el

medioambiente. Y a pesar que las reglas no están bien clara para invertir en energía renovable, se sigue gestionando políticas para que los sectores rurales no queden por fuera de las fuentes de energía fotovoltaicas y eólica (Luicio, 2017).

Dentro de esta perspectiva, vale resaltar la *reseña histórica de la energía fotovoltaica*, ya que la misma nace a raíz de las necesidades de la gente para obtener energía no convencional, y grandes empresas que se han dedicado al mejoramiento y desarrollo de estos sistemas. El pionero en este tema fue el físico Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), según (Laborde y Williams, 2016), experimentó con la emisión de la temperatura, cuyos ensayos fueron con electrodos a base de platino a través de una pila electrolítica; lo que más tarde continuó Albert Einstein (1920), explicando el efecto producido por la energía fotovoltaica, quien explicó que los electrones ‘quantum’ de energía solar (fotolítica), eran proporcional linealmente a una fuente luminosa. (Laborde y Williams, 2016)

A mediados del siglo pasado fue necesaria la creación de la energía eléctrica para el suministro de los circuitos satelitales, sin necesidad de combustión alguna y un promedio de larga vida útil, cuando Laboratorios Bell, experimentó con la aplicación de la celda de silicio, lo cual resultó mucho más eficiente en el efecto de energía eléctrica que la fabricada con selenio. Ya para 1885 Charles Fritts crea el “módulo fotoeléctrico” trabajado con selenio recubierto con una lámina transparente y finísima en oro, cuya obra fue expuesto en la “Real Academia de Prusia”; y, para los años 1980, en los países desarrollados se hallaban viviendas con instalaciones eléctricas fotovoltaicas. (Espitia, 2017)

En Colombia los primeros ensayos con este tipo de energía, apuntan hacia mediados del siglo pasado, cuando se incluyen diversas alternativas para producir electricidad renovable o no convencional a la normalmente utilizadas en el país (la energía eléctrica); y más tarde, en los años

80 se implementa con la aparición de generadores radiotelefónicos en las zonas rurales, luego para antenas satelitales; estos estudios han sido bajo la asistencia del Programa de Telecom Rural y la Universidad Nacional, hoy a lo largo de todo el territorio existen muchas empresas ancladas en la dinámica energética que prestan servicios en el sistema fotovoltaico. (Espitia, 2017)

Continuando con la *energía fotovoltaica*, se puede decir que es la fuente energética más confiable al medio ambiente, ya que es renovable, no contamina, una vez implementado este sistema no se requiere de grandes inversiones debido a que se pueda agotar la energía, pues se aprovechan los rayos solares captados a través de láminas o paneles de silicio para generar energía, la cual se recibe indistintamente de que el día esté nublado. (Novoa, 2020)

Cuanto más se requiere de ahorrar energía, surge la necesidad de implementar en los hogares o negocios, un tipo de alternativa para abaratar los costos y que el consumo en realidad sea altamente rentable y de calidad, de allí que la energía solar fotovoltaica, se convierte en generador de electricidad a través del uso de los paneles solares fotovoltaicos, tal como se aprecia en las figuras siguiente:



Figura 1. Paneles solares fotovoltaicos, (Arencibia, 2016)

Por ende, como se ha mencionado, la energía eléctrica fotovoltaica tiende a ser fuente inagotable de suministro, se alientan alternativas para su solución con este tipo de energía, en la que utiliza paneles dispuestos sobre la vivienda o en áreas contiguas que se encargan de llevar la electricidad a la vivienda, negocio o donde se requiera.

Los paneles solares o parque fotovoltaico, hoy día están fabricados en formatos y dispuestos en forma independientes, en cuadros o rectángulos de diversos tamaños, y a través de sus circuitos hacen que la energía sea aplicable dependiendo del tipo de estructura que se requiera; cuando son edificios están dispuestos sobre las azoteas del mismo; igual para las casas de varios niveles, pequeñas granjas o plantaciones, indistintamente del tamaño de la vivienda, como se muestra en la figura anterior. (Arencibia, 2016)

Este tipo de energía se adquiere a partir de las prolongadas ondas electromagnéticas del sol, y a través de las celdas fotovoltaicas estimula los dispositivos o módulos de los semiconductores, generando un efecto fotovoltaico, que es la base de este proceso para convertir la luz solar en electricidad. Esta conversión se basa en ondas fotoeléctricas, convierte la energía luminosa que equivale a 3,8 Mw, que se emite a través de la superficie a 13 millones de grados de calor que se generan por la fusión de átomos de hidrógeno, lo que se conforma en helio. (Monar, 2015)

De igual forma, la luz del sol se compone de fotones con diferentes tipos de energía, convertidos en longitudes de onda solares, y cuando inciden en el efecto fotovoltaico pueden absorberse y generar electricidad. La energía del fotón absorbido es transferida a un “electrón de un átomo” lo que equivale que forma parte de la corriente fotovoltaica. Por ende, la celda solar posee capas semiconductoras donde están creadas las corrientes por electrones. Igualmente, no existe un solo tipo de material para captar la energía solar; en la parte de arriba de una celda o célula solar fotovoltaica posee vidrio en su capa externa sellado para la protección de la lluvia y de los factores del ambiente; y otra anti-reflexiva que incrementa la cantidad de fotones. (Santos, 2014)

Hoy día se fabrican los paneles solares o llamadas celdas fotovoltaicas formadas por metales con gran sensibilidad a la luz, están hechas a base de material de silicio a la que se le complementan

materiales químicos capaces de generar entre 2 a 4 Amp, y de 0,46 a 0,48 Volt., colocados continuamente para que se generen los voltios indicados. (Arencibia, 2016)

Además, algunas empresas se dedican a la captación de energía eléctrica que se suministra a través de estas redes solares fotovoltaicas para luego ser vendidas a las personas que necesiten baterías con carga, (tal es el caso de los vehículos) cuyos mecanismos no necesitan acumuladores, por lo que se utiliza protectores de alta y baja tensión eléctrica o frecuencias de mínimo y máximos voltajes con la finalidad de brindar protección a los magnetos térmicos, de forma tal que se garantice la energía a través de la red fotovoltaica; otro tipo de instalaciones sí están en conexión a la red sin verter su producción energética; es decir, son variadas las configuraciones que se realizan para las instalaciones conectadas o aisladas de la red eléctrica fotovoltaica. (Zambrano, 2018)

Continuando con este orden de ideas, en la figura 2 se describe la ciudad de Cimitarra, como el municipio colombiano que se encuentra ubicado al norte del país, departamento de Santander, a 200 km de la capital de Bucaramanga, fue fundado en 1536, el cual pasa a ser municipio el 26 de noviembre de 1966; hoy cuenta con una población cerca de 50.800 habitantes, de ellos más de la mitad habita la cabecera central del municipio y el resto hacia sus zonas aledañas; la economía es básicamente de ganadería y agrícola, con cultivos de caucho, cacao, con clima tropical y temperaturas de 28 a 35 grados, siendo una zona de reserva campesina el valle del río Cimitarra. (Méndez, 2020)



Figura 2. Mapa de ubicación de Cimitarra, Colombia, Google maps

Por tanto, se contemplan varios factores que han incidido en el desarrollo de Cimitarra; así diversos estudios por parte de los entes gubernamentales han proyectado el municipio hacia la conquista de la sostenibilidad. Pero sus habitantes han presentado problemas de conflicto armado, los acuerdos de paz con lo cual los campesinos apuestan para que las autoridades cumplan su rol de Estado: con las empresas allí arraigadas, los grupos armados, las organizaciones no gubernamentales y las poblaciones organizadas. (Méndez, 2020)

Igualmente, se han generado políticas de las autoridades municipales para que se brinde la debida asistencia a las tierras, como también la reglamentación que provee planes piloto a las zonas de reserva campesina en este sector rural; ya que es necesario que se active el desarrollo económico, lo cual incluye los servicios básicos, entre ellos el de energía eléctrica, fundamental para cualquier actividad de socio-económica. (Méndez, 2020)

Ahora bien, la energía hidroeléctrica, afecta gravemente el ambiente y los recursos naturales, debido a la devastación y evacuación de pueblos y paisajes naturales para la construcción de represas de agua para poder suministrar energía eléctrica a través de turbinas en movimiento, lo cual puede generar a su paso, deslaves, hundimiento de terrenos y otras formas erosivas. Y de esta manera, para la protección de sus habitantes el Estado Colombiano instaura el Decreto No. 078 de

2012, por el cual se crea el Consejo Municipal de Cimitarra, como ente regulador para la gestión de riesgo de desastres, a través de (UNGRD, 2016).

En este tipo de comunidades rurales, los sistemas cartográficos con una herramienta de consulta, como el software GIS (ArcGIS y ArcCartog), es la adecuada para la implementación de un parque fotovoltaico. Por eso en Cimitarra por su ubicación se brinda un sistema de curvas de nivel analizadas en el software y un terreno plano a través de este programa, lo cual puede favorecer a otras zonas urbanas y rurales de la cabecera municipal de este sector del departamento.

A continuación, se presentan las figuras del proceso para la obtención de datos como resultados de descarga en el software indicado:

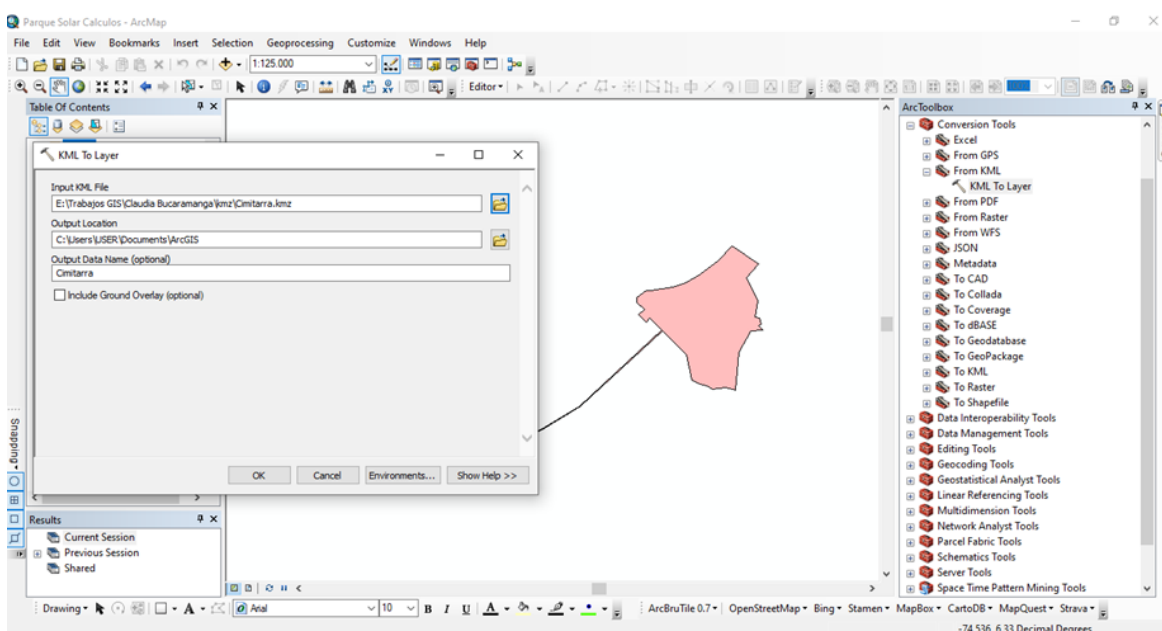


Figura 3. Convertir Kmz a Layer

En la figura 3, se muestra convertir Kmz a Layers, estos archivos almacenan información empaquetada junta, donde se introducen los datos, con base a Google Earth.

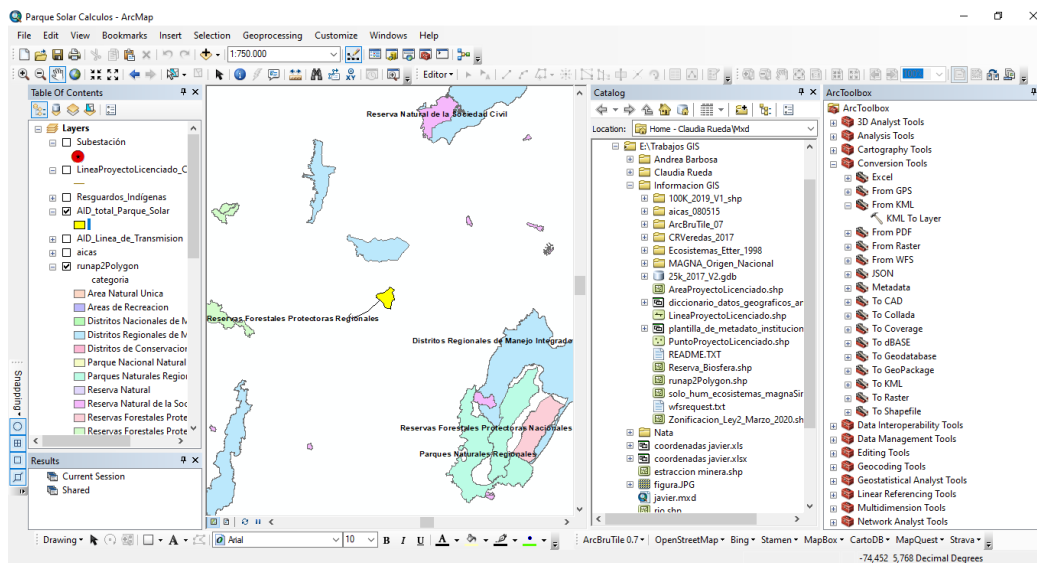


Figura 4. Carga de Información

En la figura 4, se carga la información de los datos de acuerdo al programa Layers para trabajos en GIS, la figura demuestra la reserva natural de la sociedad civil, las reservas forestales protectoras, nacionales y regionales, en el centro, marcado con base amarilla, la zona de Cimitarra.

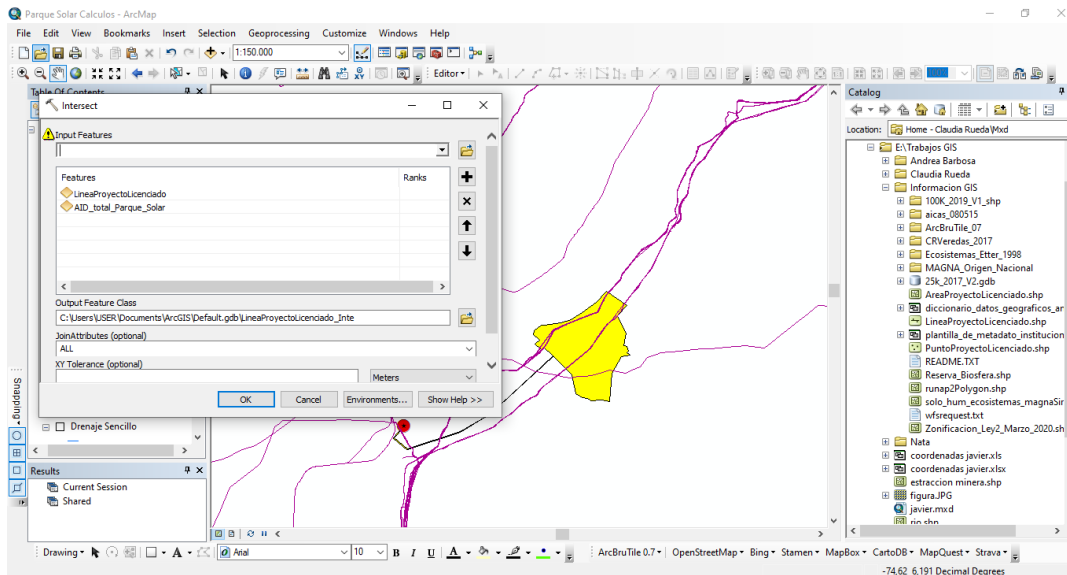


Figura 5. Geo procesos.

La figura 5 muestra los geo procesos que se realizan a través del programa perteneciente a la temática desarrollada para recabar los datos.

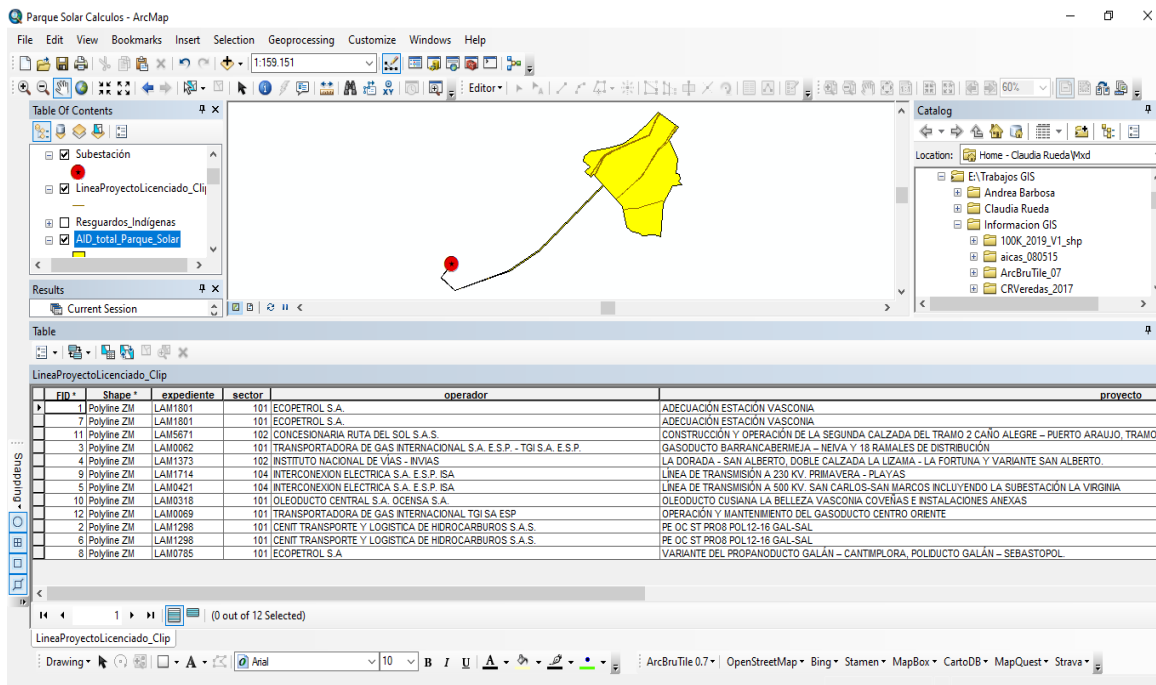


Figura 6. Resultado de geo procesos

La figura 6 nos demuestra el resultado de los geo procesos, correspondiente a la población de Cimitarra, por operador y por proyecto, donde se indica la subestación para el parque solar.

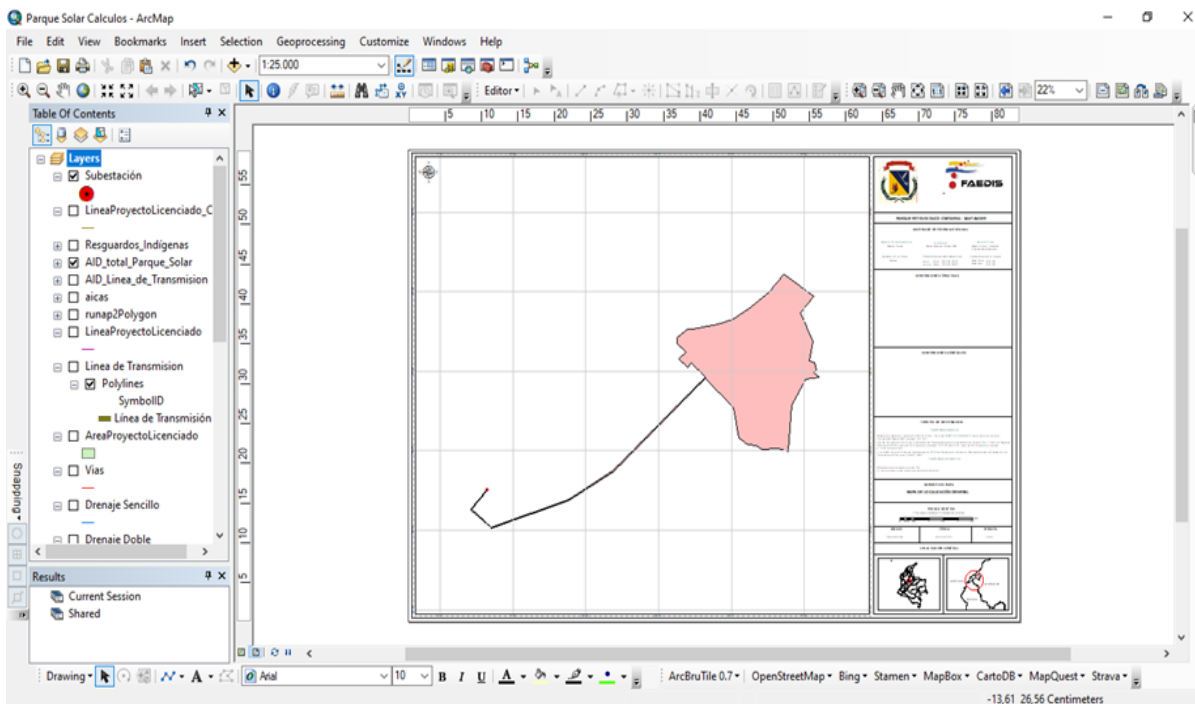


Figura 7. Salida gráfica

La figura 7, demuestra la salida gráfica, del programa GIS donde se indica en el Layers la subestación y la ubicación de Cimitarra, para el parque solar, en el punto rojo de la línea indicada en la gráfica.

En los análisis de resultados se determinó que los datos obtenidos en el área del parque solar fueron de 1.439,94ha, el área AID de la línea de transmisión fue de 31,72 ha; y la suma de ambos es de 1471,63 Ha.

Tal como se demuestra en la tabla 1 del parque fotovoltaico para Cimitarra, donde intervienen las capas más cercanas al área de influencia directa, cuyos resultados muestran que las restricciones para el ambiente se superponen solamente en el Helo biomas de Magdalena y el Caribe; por otra parte, se interceptan los proyectos licenciados que corresponden a ductos, proyectos viales y líneas de transmisión.

Tabla 1. Parque solar Cimitarra

Restricciones ambientales			
Capa	Si/No	Distancia más cercana a las variantes	Área superpuesta
AICAS	No	29,33 km	
Paramos delimitados MADS	No		
Reserva Natural de la sociedad civil	No	26,84 km	
Reserva Forestal Protectora Regional	No	24,99 km	
Reserva Forestal Protectora Nacional	No		
Parque Natural Regional	No		
Distritos Regionales Manejo Integrado	No	8,16 km	
Social			
Capa	Si/No	Distancia más cercana a las variantes	Área superpuesta
Resguardos Indígenas	No	107,29 km	
Proyectos Licenciados			
Capa	Si/No	Distancia más cercana a las variantes	Área superpuesta
Ductos	Si		27,75 km
Proyectos Viales	Si		13,24 km
Líneas de Transmisión	Si		2,19 km

Fuente: Autor

A continuación, se muestran en las diferentes figuras del parque solar de Cimitarra, obtenidas a través de la base de datos del software SIG.

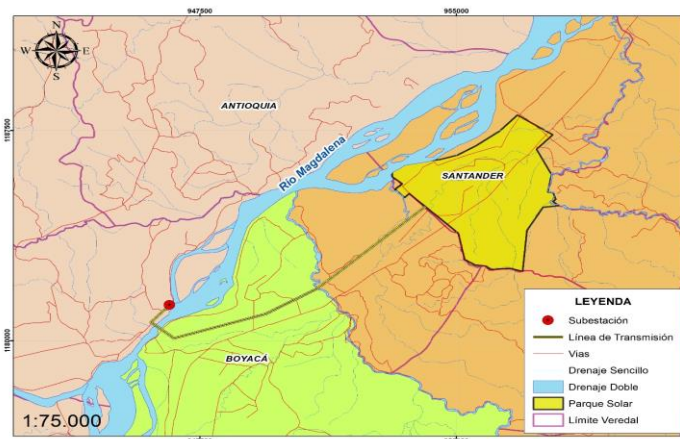


Figura 8. Localización general del parque.

La figura 8. Se indica la localización general del parque, donde se ubica el municipio Santander y el punto rojo de la subestación, encontrado al final del recorrido de la línea.

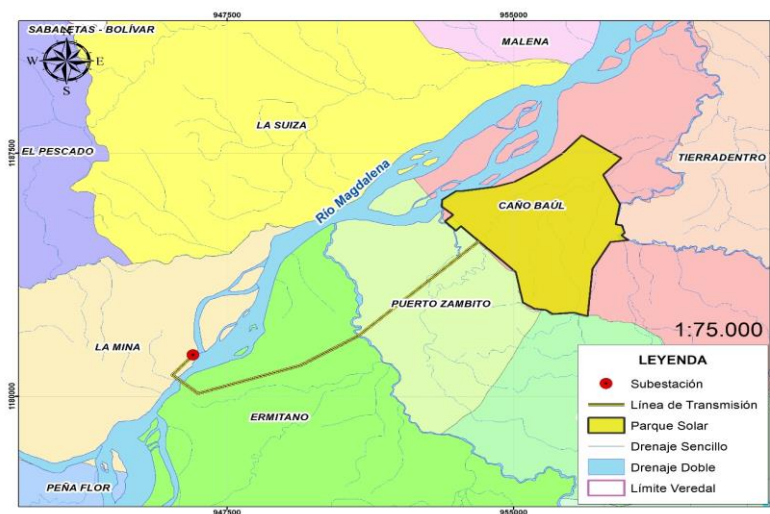


Figura 9. División predial.

La figura 9, se tiene la división predial la leyenda amarilla indica el parque solar del municipio Santander, el punto rojo es la ubicación de la subestación.

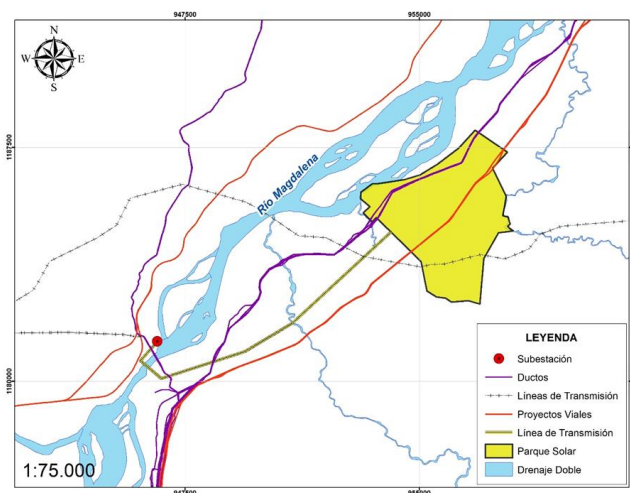


Figura 10. Proyectos Licenciados.

En la figura 10 se observan los proyectos licenciados; el punto rojo es la subestación, las líneas moradas son las líneas de ductos, las líneas rojas indican los proyectos viales y la línea verde es la línea de transmisión.

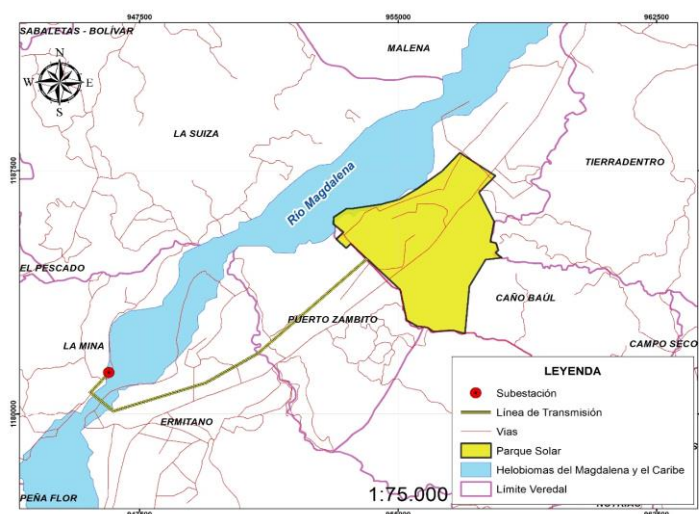


Figura 11. Áreas protegidas.

Finalmente, en la figura 11 se observan las áreas protegidas para la subestación solar, la línea de transmisión, las vías que interconectan a los diferentes municipios y el parque solar en color amarillo.

El impacto para la ejecución de este proyecto, con base a los resultados arrojados por el sistema, puede que no tenga incidencia sobre todas las poblaciones arriba señaladas, dada las cercanías al río Magdalena correspondiente al Helo bioma del Magdalena y el Caribe; lo más probable es la reducción del área de estudio es decir el predio donde se construirá el parque; así dando viabilidad de que la Licencia Ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Vale señalar que, con el suministro e implementación de este proyecto para un parque fotovoltaico que genere energía eléctrica a las comunidades rurales como es el caso de Cimitarra, se solventarían muchos de los problemas que presenta la comunidad hoy día, tales como:

- a) La modernización del suministro de energía eléctrica que genera calidad de vida a los habitantes del citado municipio.
- b) El ahorro en el consumo del suministro de energía hidroeléctrica por energía fotovoltaica.
- c) En cuanto al diagnóstico ambiental, es una energía renovable, se reducirá el impacto ecológico provenientes del calentamiento global, lluvias ácidas y “gases de efecto invernadero”;
- d) A través de las empresas privadas para que lleven el suministro de energía fotovoltaica a la comunidad en mención.
- e) Se superará la dependencia de utilización en combustibles fósiles.
- f) Disminuirían las pérdidas en artefactos eléctricos por constantes apagones en la zona rural, proveniente de la energía convencional.
- g) Brindará empleo para las personas que convivan en el sector.
- h) Contribuirá como alternativa para el crecimiento de la economía que redunde en altos beneficios por parte de las empresas como de sus habitantes. (Gallego, et al., 2018).

i) Con estas alternativas antes mencionadas, en vista de que pueden ser aplicables a las comunidades de Cimitarra, se deja abierta la siguiente hipótesis: ¿se podrá llevar a cabo un estudio a más profundidad para generar un parque fotovoltaico que cubra las necesidades de energía eléctrica para todas las poblaciones rurales en Colombia?

Conclusiones

El trabajo presentado reviste vital importancia dado el tema de la energía fotovoltaica para la población de Cimitarra, Colombia, llevado a cabo a través de una revisión bibliográfica de fuentes secundarias, en la que se analizaron puntos importantes sobre la energía no convencional para las áreas rurales.

Por tanto, la mayoría de las poblaciones en el país sufren de la escasez de energía eléctrica convencional o de carencias de servicio continuo con eficiencia, debido a que los altos costos del suministro en el servicio eléctrico hidráulico hacen posible que no se puedan cubrir todas las demandas a todas las poblaciones del país, lo cual es el argumento principal para poner en terreno el parque fotovoltaico en la población rural de Cimitarra.

Igualmente, existen compañías que se dedican a la generación de este tipo de actividad fotovoltaica, que es una alternativa viable para que las comunidades o personas o comercios puedan acceder al suministro e instalación de los paneles solares, pues Colombia cuenta hoy día con innumerables sitios que utilizan este tipo de energía, ya que lleva casi medio siglo en su implementación de los parques fotovoltaicos.

Pero también existen controles jurídico-legales, para la generación de una licencia a las empresas dedicadas a la energía no convencional y puedan operar sus negocios, como lo es las empresas que generan electricidad fotovoltaica, ya que desarrollan estudios de factibilidad sostenible y velan por la calidad ambiental, pues son de energía renovable.

Siendo la energía fotovoltaica de excelente uso y asequibilidad por todas las personas o comunidades con carencia de este recurso energético, existen las empresas encargadas del parque fotovoltaico, cuyos mecanismos están conformados por paneles solares que captan los rayos solares transmitiendo éstos hacia las celdas fotovoltaicas, para convertir las ondas electromagnéticas en energía eléctrica, pasadas a láminas de silicio; de allí que su costo en el suministro sea relativamente económico.

Con los procedimientos de cartografía utilizados con el software SIG (ArcGIS), la conversión de Kmz a layer, se pueden analizar las salidas gráficas y la información que se le suministre para este estudio, por lo que se sugiere la reducción del área dada la intervención con el Helo bioma del Magdalena y el Caribe, y por ende tener menos correcciones para los trámites de la Licencia Ambiental.

Una vez fraccionada el área inicial con base en la concesión ruta del sol se obtiene un área total de 729,17 ha, lo cual es idónea para el desarrollo del parque; y con relación a los paneles solares se necesitan 250 ha para producir aproximadamente 176 GWH al año abastecimiento a unas 400.000 personas; cuyos datos fueron aportados por Enel Green Power Colombia (Egpc), y las demás ha serían utilizadas para mantenimiento y vías asequibles.

Finalmente, para plantear un estudio viable a profundidad, se requiere la realización de un proyecto de estudio factible que sea aplicable a la comunidad estudiada o a cualquier otra comunidad rural; y con la ayuda de las autoridades universitarias y municipales adopten los proyectos para ponerlos en práctica; ya que las comunidades rurales requieren en grande del servicio de energía eléctrica, indispensable para su desarrollo económico y social, y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes; por esta razón es importante el estudio realizado, ya que se extendería a otras comunidades en general.

Referencias Bibliográficas

- Arencibia-Carballo, G. (2016). *La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica*. *Redalyc*, 17(9), pp: 1-4.
- Caraballo, P. M., y García, S. J. (2017). *Energías renovables y desarrollo económico. Un análisis para España y las grandes economías europeas*. *Scielo*, 84(335).
- Carrillo, R. J., y Perdomo, A. A. (2017). *Caracterización y análisis del consumo energético en zonas rurales para los Municipios de Arauca*. Villavicencio, Colombia: Unillanos.
- CCB. (2017). *Cámara de Comercio de Bogotá. Obtenido de Panorama de las Energías Renovables en Colombia*:
- Espitia, R. C. (2017). *Guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia. Tesis Maestría en Sistemas Energéticos Avanzados, Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Bucaramanga Colombia*.
- Gallego, L., Anibal, Y., Arias, G. r., Casas, F. L., y Sosa, P. R. (2018). Análisis de la implementación de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas. *Redalyc*, XXXIX (2), 82-90.
- Jiménez, G. F., Restrepo, F. A., & Mulcue, N. L. (2019). Estado de la investigación en energía en Colombia: una mirada desde los grupos de investigación. *Scielo*, 28(52), 17.
- Laborde, M. A., y Williams, R. J. (2016). *Energía Solar* (4ta. ed.). Argentina: Academia Nacional de ciencias Exactas, Físicas y Naturales
- León, P. F. (Feb/mayo de 2019). Desafíos contemporáneos en el desarrollo del sector eléctrico colombiano. *Redalyc*.
- Luicio, A. (2017). SER. Obtenido de Cluster, una iniciativa de la Cámara de Comercio de Bogotá.
- Méndez, A. Y. (2020). *La zona de reserva campesina del Valle del Río Cimitarra: una apuesta socio-territorial (Vol. I). Colombia, Cimitarra, Colombia: Uptc*.
- Minambiente. (2016). *Resolución 1283. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*:
- Minenergía. (2021). *Ministerio de Energía. Obtenido de Energías Renovalbes No Convencional*.
- Monar, H. I. (2015). *Diseño de una instalación fotovoltaica optimizando el ángulo de inclinación de los pánles solares. Univ. Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Ecuador: Ucsg*.
- Novoa, R. J. (2020). *Análisis de viabilidad ambiental de la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica de la finca Cardón del Municipio Iconozo-Tolima. Ucc, Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia*.
- Ortiz, R. P. (2017). Plan Nacional de Energización Rural (PNER). *Obtenido de La Asociación de energías Renovables de Colombia (SER) considera que el país muestra un rezago preocupante en este aspecto*
- Osorio, B. D., y Perea, T. M. (2019). El consumo de energía Eléctrica en el Departamento del Tolima, Colombia, 2004-2016. *Revistas UTB - Economía y Región*, 13(2), 193-218.
- Pascualino, J., Cabrera, C., y Vanegas, C. M. (2015). *Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano*. *Redalyc*, 13(1), 68-75.
- Salguero, J. O. (2018) *comparativo del proceso de implementación de la energía solar. Brasil Vs. Colombia*.

Santos, B. D. (2014). *Introducción a la energía fotovoltaica. En Introducción a la Energía Fotovoltaica. España.*

UNGRD. (2016). *Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.*

Vásquez, H. V. (2015). *Estudio y diseño de un sistema hidroeléctrico para generación y abastecimiento de energía eléctrica mediante energía renovable para una vivienda típica del sector de Sinincay perteneciente al Cantónb Cuenca. Tesis, Univ. Politécnica Salesiana, Ingeniería Eléctrica, Cuenca, Ecuador.*

Zambrano, C. O. (2018). *Diseño de una estación de carga para vehículos eléctricos, en la provincia de Guayas, usando energía renovable a partir del dispositivo Power Max Nivel 2 de Bosch. Tesis Ing. Mecánico Automotriz, Univ. Nacional de Ecuador, Ing. Mecánica, Guayaquil, Ecuador.*