

Revisión De La Generación Y Aplicación De La Energía Solar Fotovoltaica.

Caso Norte De Santander

Autor

Claudia Camila Roperó Castillo

Director

Juan Carlos Rojas Vargas

PhD. MsC.

Programa de Ingeniería Ambiental

Departamento Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Facultad de Ingenierías y Arquitectura



Universidad de Pamplona

Pamplona junio 2021

Tabla de contenido

Planteamiento Del Problema	6
Objetivos	8
Descripción De La Investigación Del Proyecto	9
Resumen.....	10
Palabras Clave	10
Introducción	11
Marco Legal Vigente De Las Energías Renovables No Convencionales En Colombia	12
Ley 1715 de 2014	12
Resolución UPME 703 del 14 de diciembre de 2018.....	12
Resolución CREG 030 de 2018.....	13
Resolución Minambiente 1303 del 13 de julio de 2018.....	13
Resolución MinAmbiente 1283 del 8 agosto de 2016.....	13
Resolución CREG 024 de 2015.....	13
Decreto 1623 de 2015	13
Decreto 2469 de 2014	13
Marco Teórico	14
¿Qué Es La Energía?	14
Fuentes De Energía Renovables	14
Tipos De Energías Renovables.....	15
Energía hidráulica	15
Fuentes De Energía No Renovables.....	17
Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas.....	18
sistema solar off grid	18
Sistema solar on grid	20
Sistema solar híbrido	21
Descripción de los Componentes que conforman un sistema solar fotovoltaico.....	22
Célula solar	22
Panel solar	23
Baterías.....	23
Regulador de carga.....	23
Referentes Teóricos.....	24

Antecedentes a nivel internacional.....	24
Análisis De La Implementación De La Energía Solar Fotovoltaica En El Departamento De Norte De Santander	40
Proceso De Producción De Energía Eléctrica En Termotasajero	42
Proyecciones de crecimiento de generación de energía solar fotovoltaica en Norte de Santander.....	57
Análisis De La Tasa De Usabilidad De La Energía Solar Fotovoltaica En Los Sectores Industrial Y Residencial	59
Conclusiones.....	62
Bibliografía.....	64

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Elementos de una instalación solar fotovoltaica off grid	19
Ilustración 2 Elementos de una instalación solar fotovoltaica on grid	21
Ilustración 3 Elementos de una instalación solar híbrido	22
Ilustración 4 Generación de electricidad solar fotovoltaica a nivel mundial, periodo de 1990 a 2018	38
Ilustración 5 Generación de electricidad renovable por fuente solar fotovoltaica, Colombia 1990-2019	39
Ilustración 6 Zonas con proyectos con aprobación de la UMPE.....	48
Ilustración 7 zonas con solicitud de proyectos de generación a 2020	49

Índice de tablas

Tabla 1 Indicadores de Emisiones.....	43
Tabla 2 Municipios y Usuarios con conexión de Autogeneradores a Pequeña Escala, conectados al SDL de CENS.....	46
Tabla 3 Proyectos de energía solar fotovoltaica en Norte de Santander	50
Tabla 4 Radicación solar promedio, Cúcuta 2005-2015	55

Planteamiento Del Problema

El crecimiento poblacional y el desarrollo industrial ha traído consigo un incremento en el consumo energético, siendo los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), la principal fuente de energía para abastecer la demanda energética mundial. La generación de energía a partir de estas fuentes fósiles, sobre todo la petrolífera, además de tener un alto costo económico, son agotables y causan un gran daño en el medio ambiente y en la salud de las personas. Estas condiciones han hecho que la implementación de energías renovables como la eólica, solar, marina, hidráulica, geotérmica, de biomasa entre otras, sean una alternativa tanto económica como beneficiosa para el medio ambiente, además de ser recursos inagotables.

La Energía solar fotovoltaica, se ha convertido en una de las mejores opciones en cuanto a energía renovable, por su fácil implementación y el bajo costo que ha tenido paulatinamente, además de dar solución a la problemática de la falta de energía eléctrica en comunidades alejadas tiene un menor impacto en el medio, no solo de la atmosfera al no generar emisiones de contaminantes, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que además de inhibe la contaminación del suelo y de fuentes hídricas.

En Colombia la oferta de energía primaria se constituye en un 77% por combustibles fósiles (carbón y petróleo), el 23% restante proviene del uso de hidroelectricidad, gas natural y las fuentes no convencionales de energía renovable. La energía solar representa la segunda fuente avanzada de energía renovable de mayor penetración a nivel mundial, con una producción equivalente entre el 0,85% y 1% de la demanda mundial de electricidad. (Unidad de Planeación Minero Energético (UMPE), 2020, p.22), siendo Alemania, China e Italia los países que lideran los mercados de la energía solar. (PEM, 2019). De estimaciones realizadas por CorpoEma (2010),

al año 2010 en Colombia debían existir alrededor de 9 MWp de capacidad solar fotovoltaica instalada, correspondientes a sistemas privados, aplicaciones profesionales y soluciones en Zonas no interconectadas (UPME).

Según la empresa XM, empresa del grupo Interconexión Eléctrica S.A (ISA) para el año 2019 la demanda energética del Sistema Interconectado Nacional (SIN) fue de 70.114 gigavatios por hora (GWh) y las emisiones por generación de energía del SIN fueron 11,815.408 (TON CO₂/año). se estima que la demanda de energía total para el año 2050 podría alcanzar los 2.370 PJ, de los cuales la producción local de oferta de energía en el país alcanzaría los 798 PJ (33,3%), y los 1.581 PJ (66,5%) restantes estarían asociados a la importación de petróleo – derivados y gas natural. (Plan Energético Nacional 2020-2050). Colombia por su ubicación geográfica tiene un gran potencial para generación y aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y suplir la demanda energética, sin embargo, este tipo de energía tiene una usabilidad muy baja en el país. A continuación, estaremos ampliando la descripción del tema.

Objetivos

Objetivo general

- Realizar un análisis de la implementación de la energía solar fotovoltaica en el departamento de Norte de Santander

Objetivos específicos

- Construir una línea de tiempo de la implementación de energía solar fotovoltaica en el departamento de norte de Santander.
- Analizar la tasa de usabilidad de la energía solar fotovoltaica en los sectores industrial y residencial.

Descripción De La Investigación Del Proyecto

El siguiente trabajo monográfico tiene como finalidad la realización del análisis acerca de la implementación y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el departamento de Norte de Santander, saber en qué grado se está generando este tipo de energía y la tasa de usabilidad en sectores residencial e industrial y, además, conocer cuál es la proyección que tiene el departamento en cuanto al aprovechamiento de estos recursos. Para llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, se realizó una revisión minuciosa de los proyectos que se han ejecutado en cada uno de los 40 municipios del departamento desde el año 2015 a la fecha, para esto se tuvo en cuenta la información encontrada en revistas, páginas web, informes de periódicos, diarios, bases teóricas e informes de distintas instituciones universitarias, además se tomó información referente a tema, de bases de datos e informes de entidades gubernamentales del departamento y del país como La Unidad de Planeación Minero Energética UPME, la Gobernación de Norte de Santander, la Corporación autónoma regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS, prestadora del servicio de energía eléctrica en el departamento.

Resumen

Conforme a aumentado la población mundial lo ha hecho también la demanda energética y así mismo la explotación de los recursos naturales, en especial los combustibles fósiles, lo que genera diversas problemáticas ambientales como la emisión de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂), principal gas de efecto invernadero (GEI). Como alternativa a esta problemática ambiental diferentes países han optado por la implementación de energías amigables con el medio ambiente como lo es la energía solar. En el presente trabajo se hace un análisis de lo que ha sido la producción e implementación de la energía solar fotovoltaica en el departamento de norte de Santander. Se consultaron diferentes reportes proporcionados por instituciones gubernamentales y por instituciones de educación superior, quienes han sido pioneras en la implementación de este tipo de sistemas. Como resultado de esta revisión bibliográfica se obtiene una línea de tiempo de los proyectos de energía solar fotovoltaica que se han implementado en los municipios y distintas organizaciones de Norte de Santander, los cuales se focalizan en Cúcuta y Tibú. También se determinó la potencia de energía solar fotovoltaica generada y el porcentaje equivalente en los sectores industrial y residencial.

Palabras Clave

demanda energética, energías renovables, energía solar fotovoltaica, combustibles fósiles.

Introducción

El ser humano inicia el uso de fuentes de energías hace cerca de 1.000.000 de años, desde el descubrimiento del fuego, pesar de que carecía de conocimientos suficientes para generarlo fue aprendiendo a dominarlo hasta llegar a tomar el control sobre este recurso. El descubrir y dominar este elemento le fue de gran ayuda para realizar algunas de sus actividades y suplir sus necesidades, desde la cocción de sus alimentos, hasta la iluminación de sus hogares protegiéndose de los animales y más tarde empleándolo en la metalúrgica.

Posteriormente debido a la sobreexplotación de los bosques y al rendimiento energético se empleó como fuente alternativa a la madera, el uso del carbón como combustible, tomando cada vez más importancia y convirtiéndose en uno de los principales protagonistas de la revolución industrial, junto a la máquina de vapor. A mediados del siglo XIX debido al consumo energético se comenzó a hacer uso del petróleo, siendo el año 1859 en el que se perforó el primer pozo petrolífero. Desde entonces el uso del petróleo como fuente para la generación de electricidad ha ido incrementando de manera ingente, y aunque permitió un gran desarrollo productivo, ha causado el agotamiento de recursos naturales y un alto impacto negativo al medio ambiente, como lo es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero GEI, el calentamiento global, la contaminación del aire, del agua y suelo. Además, es responsable de causar grandes afectaciones a la salud humana.

A partir de las preocupaciones por el agotamiento de los recursos energéticos fósiles y el deterioro al medio ambiente, surgen avances en la producción de energías renovables como la Energía Eólica, Energía Hidráulica, Energía Mareomotriz, Energía Geotérmica, Biomasa y la

Energía Solar, dentro de la cual se encuentra la Energía Solar Fotovoltaica, en la cual nos estaremos centrando en el transcurso de esta investigación.

El uso de energías renovables se dio inicialmente en Europa con los molinos de viento y los molinos de agua, los cuales funcionaban mediante un mecanismo simple, pero fue a mediados de los años 70 en donde se resaltó el concepto de Energía Renovable. Aunque los primeros usos de la energía solar se les atribuyen a las civilizaciones griegas y Romanas, fue mucho tiempo después el físico francés Alexander Edmond Becquerel, quien en el año 1838 descubre el efecto fotovoltaico dando así, inicio al desarrollo de la energía solar.

Marco Legal Vigente De Las Energías Renovables No Convencionales En Colombia

Ley 1715 de 2014: "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.", que busca, además, promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Resolución UPME 703 del 14 de diciembre de 2018: "Por la cual se establecen el procedimiento y los requisitos para obtener la certificación que avala los proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la Ley 1715 de 2014, y se adoptan otras disposiciones".

Resolución CREG 030 de 2018: Por la cual se regulan las actividades de Autogeneradores a Pequeña Escala (AGPE) y Generadores Distribuidos (GD) en el Sistema Interconectado Nacional

Resolución Minambiente 1303 del 13 de julio de 2018: "Por la cual se modifica la Resolución 1283 de 2016 y se dictan otras disposiciones".

Resolución MinAmbiente 1283 del 8 agosto de 2016: "Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones".

Resolución CREG 024 de 2015: "Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)".

Decreto 1623 de 2015: "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas".

Decreto 2469 de 2014: "Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración"

Marco Teórico

¿Qué Es La Energía?

La energía es la capacidad que posee la materia para producir calor, trabajo en forma de movimiento, luz, crecimiento biológico, etc. Se entiende por materia cualquier cuerpo sólido, líquido y gaseoso existente. Las distintas manifestaciones o formas de energía pueden transformarse unas en otras. Para la realización de estas transformaciones, ha sido esencial la creación de maquinarias por parte del hombre, y que por sí solas no podrían producir energía (GONZÁLEZ, s.f.). Así mismo, las fuentes de energía son el conjunto de recursos energéticos que consienten la obtención de energía en cualquiera de sus formas, ya sea mediante un proceso directo, o a través de alguna transformación previa.

Generalmente, las distintas fuentes de energía se pueden clasificar en dos grupos: energías renovables y no renovables.

Fuentes De Energía Renovables

La energía renovable es cualquier forma de energía de origen solar, geofísico o biológico que se regeneran continuamente mediante procesos naturales a un ritmo igual o superior a su tasa de utilización. Se obtiene de los flujos continuos o repetitivos de energía que se producen en el entorno natural y comprende tecnologías de baja emisión de carbono, como la energía solar, la hidroeléctrica, la eólica, la mareomotriz y del oleaje, y la energía térmica oceánica, así como combustibles renovables tales como la biomasa. (ICCA, 2015) Las energías renovables son

inagotables. Utilizar la radiación solar para producir calor o electricidad no disminuye en ningún caso la cantidad de energía que el Sol envía a la Tierra. Otro tanto sucede con el viento. Por más aerogeneradores que extrajeran su fuerza y la convirtieran en electricidad nunca trastocarían el equilibrio térmico del planeta. Sí podría hacerlo el uso indiscriminado de biomasa natural, el primer recurso energético que utilizó el hombre, más allá de su fuerza bruta. Un aprovechamiento excesivo de la biomasa natural –en forma de leña, por ejemplo– provocaría una rápida degradación de los ecosistemas naturales. (Merino, 2012)

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales. Dentro de las primeras, la más difundida es la energía hidráulica a gran escala, mientras que las no convencionales que poseen un gran potencial de desarrollo, son la geotérmica, eólica, solar, biomasa y la mini hidráulica.

Tipos De Energías Renovables

Energía solar.

La energía solar es aquella que se obtiene de la radiación solar que llega a la Tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioleta. La energía solar puede aprovecharse de dos maneras: mediante la conversión térmica, que consiste en transformar la energía solar en energía térmica, y la conversión fotovoltaica, en la cual se emplean paneles solares para recolectar la energía luminosa y convertirla en eléctrica. Esta última es en la que nos enfocaremos en este estudio.

Energía hidráulica

Es la energía que tienen el agua cuando se mueve a través de un canal o cuando se encuentra en un embalse (en forma de energía potencial) a cierta altura y se deja caer para producir energía eléctrica.

por medio de turbinas (Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia, 2015), este tipo de energías es generadas en lugares donde existe abundancia del recurso hídrico y las condiciones geográficas lo permiten.

Energía eólica

Es la energía que se obtiene del viento, se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire, consiste en aprovechar la fuerza del viento para mover unas aspas que hacen trabajar un generador que produce energía eléctrica. (Flores, 2013)

Energía marina

Es un conjunto de tecnologías que aprovecha la potencia de los océanos (las mareas, las olas, la salinidad). Toda la energía del movimiento de los cuerpos de agua en los océanos, es energía cinética y mecánica que hacen funcionar turbinas hidráulicas, diques, dispositivos de energía de las olas y por medio de generadores obtener energía eléctrica. Dentro de las energías oceánicas se encuentran: la energía de las olas (Aprovecha el movimiento de masas de agua), energía de las corrientes marinas (Aprovecha el movimiento natural de ascenso (pleamar) o descenso (bajamar) de las aguas), y energía del gradiente térmico (Convierte la energía térmica oceánica gracias a la diferencia de temperaturas entre la superficie calentada por el sol y las frías profundidades). (Villate, 2009)

La biomasa

En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos

biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias. (appa renovables, 2021)

Energía geotérmica

Se entiende por energía geotérmica a aquella que, aprovechando el calor que se puede extraer de la corteza terrestre, se transforma en energía eléctrica o en calor para uso humano o procesos industriales o agrícolas. la energía geotérmica proviene de las aguas del subsuelo terrestre, cuya presión y temperatura se produce naturalmente. En dichos yacimientos suelen instalarse plantas geotérmicas que liberan el agua o el vapor, lo aprovechan para generar electricidad o para extraer el calor y reconducirlo, y posteriormente reinyectan agua a temperatura ordinaria al pozo, para dar continuidad al ciclo. (Raffino, 2020)

Fuentes De Energía No Renovables

Suelen conocerse como energías convencionales o tradicionales, por la fuerte dependencia que han ejercido durante los dos últimos siglos sobre las sociedades industrializadas. A diferencia de las Energías renovables, las no Renovables si son limitadas y se encuentran en depósitos o yacimientos con una distribución geográfica en el mundo completamente irregular. Dentro de este tipo de fuentes se encuentran los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo y algunos minerales como el Uranio. (FUNIBER, S.F)

Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Consiste en la captación de la energía solar a través de módulos fotovoltaicos que transforman la radiación solar en electricidad mediante un dispositivo semiconductor. Estos dispositivos semiconductores reciben el nombre de células fotovoltaicas y usualmente están fabricadas a partir de silicio o de una deposición de diversos metales sobre un sustrato fino. Los metales que se emplean son sensibles a la luz y desprenden electrones cuando reciben la radiación solar; es decir, convierten la energía lumínica en energía eléctrica. (Cuidemos el planeta (2018). "Energías renovables")

Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas se puede hacer de acuerdo a la aplicación a la que está destinada, las cuales se dividen en sistemas autónomos off grid y aplicaciones conectadas a la red, on grid y sistemas híbridos. A continuación, se realiza una descripción de cada uno.

sistema solar off grid

Los sistemas solares aislados son aquellos que funcionan de forma independiente al fluido eléctrico de la red local de energía, la particularidad de este tipo de sistema consiste en que obtiene la energía del sol, la acumula en baterías para ser utilizada cuando se requiera, este tipo de sistemas también son conocidos como sistemas autónomos, con la particularidad de que

pueden ser instalados en lugares remotos donde no se tiene acceso a las redes eléctricas, las aplicaciones son las siguientes. Electrificación de viviendas rurales, sistemas de alumbrado público, cercado eléctrico, bombeo de agua, sistemas de telecomunicaciones rurales, señalización de tráfico. ("Componentes de una instalación solar fotovoltaica", 2021)

La composición de este sistema es el siguiente: paneles solares el cual captura la radiación solar y la transforma en energía eléctrica de corriente directa, el regulador de carga estabiliza el voltaje recibido por los paneles y evita sobrecarga, las baterías o acumuladores, las cuales acumulan la energía, y en el caso que se requieran voltaje de 110 0 220 ac se emplea un inversor de corriente, el cual transforma la energía directa en corriente alterna. En la ilustración 1 se observan los elementos que conforman un sistema aislado off grid.

Ilustración 1 Elementos de una instalación solar fotovoltaica off grid

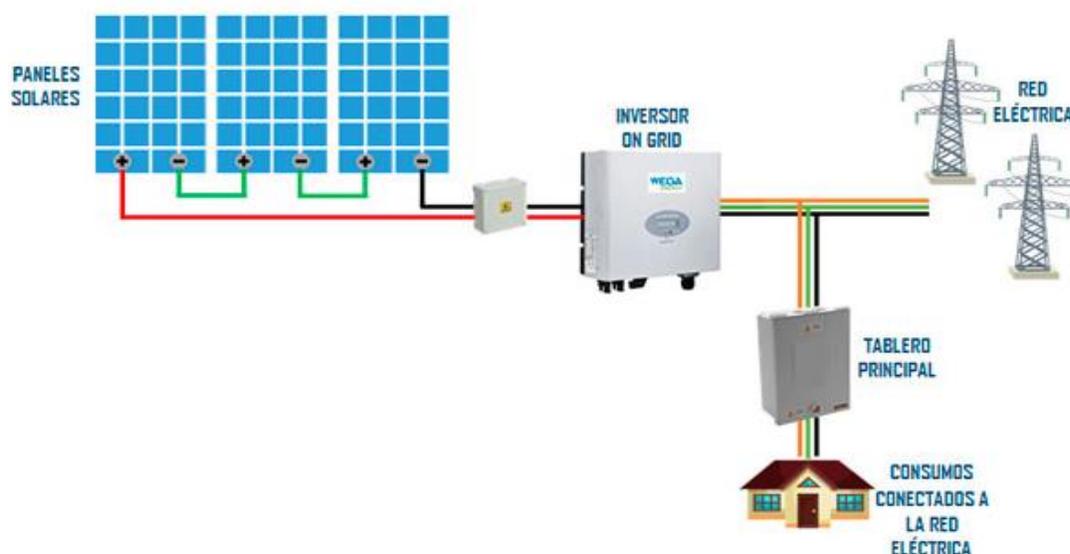


Fuente: tomado de <https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/05/16/componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>

Sistema solar on grid

Es un sistema solar que produce energía eléctrica la cual es suministrada directamente a la red local, su finalidad es la de ser vendida al organismo encargado de la gestión de la energía del país, tiene la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir en las horas de día, durante las horas de sol el usuario consume la energía producida por el sistema fotovoltaico, este tipo de sistemas no utiliza baterías para acumular la energía producida. Las aplicaciones más comunes son las siguientes: centrales fotovoltaicas y huertos solares los cuales son recintos en los cuales se encuentran un número determinados de instalaciones fotovoltaicas con la finalidad de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica, los edificios y las viviendas producen energía en menor escala la cual es utilizada para bajar el consumo eléctrico de la red pública en el caso que se produzcan excedentes esta energía es enviada a la red pública, los componentes de un sistema solar on grid son los siguientes: paneles solares, inversor on grid y medidor bidireccional. ("Componentes de una instalación solar fotovoltaica", 2021). En la ilustración se observan los elementos que conforman un sistema solar fotovoltaico on grid.

Ilustración 2 Elementos de una instalación solar fotovoltaica on grid



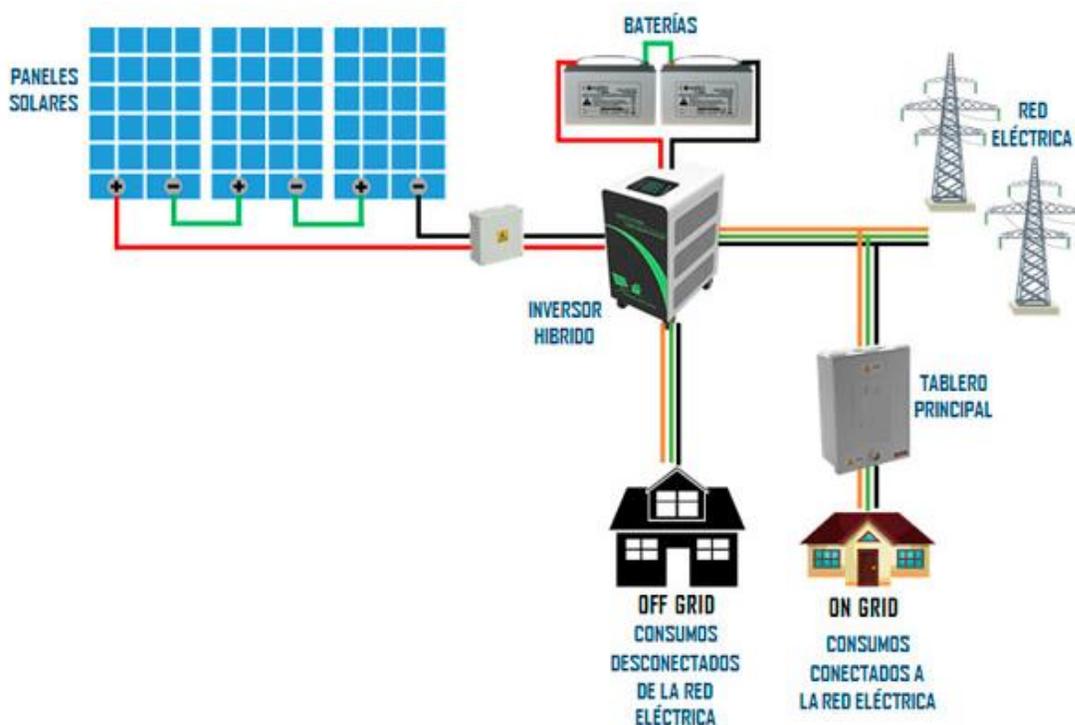
Fuente: tomada de <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>

Sistema solar híbrido

Un sistema de generación de este tipo tendrá dos fuentes de energía. Por un lado, estarán las placas fotovoltaicas habituales. Estas placas generan la energía eléctrica a partir del sol y el inversor almacena la energía en baterías, convierte la corriente continua en alterna para poder usarla, etc.

Además de las placas fotovoltaicas, la instalación híbrida tendrá otra fuente de energía, una de las más habituales es combinar con combustible diésel, o energía eólica. Cuando la energía que proporciona el sol no sea suficiente, o en algunos casos sea menos rentable (porque, por ejemplo, la hora del día ya no es óptima en cuanto a luz solar) el sistema híbrido echa mano de ese combustible diésel para generar energía. (Energy, 2020). En la ilustración 3 se observa la conformación de un sistema solar híbrido.

Ilustración 3 Elementos de una instalación solar híbrido



Fuente: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>

Descripción de los Componentes que conforman un sistema solar fotovoltaico

Célula solar

Una célula solar es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares que actualmente están disponibles comercialmente son de Silicio mono o policristalino. El primer tipo se encuentra más generalizado y aunque su proceso de elaboración es más complicado, suele presentar mejores resultados en cuanto a su eficiencia. ("Curso de Energía Solar Fotovoltaica", 2021)

Panel solar

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica ("Curso de Energía Solar Fotovoltaica", 2021)

Baterías

En las instalaciones fotovoltaicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

Regulador de carga

El regulador es un dispositivo electrónico que tiene como función fundamental cargar de forma correcta los acumuladores e impedir que la batería continúe recibiendo energía del panel solar, una vez que ha alcanzado su carga máxima. Para el correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga entre el los paneles solares y las baterías, dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de las baterías, si no existiera un regulador se podrían producir sobrecargas.

Referentes Teóricos

Antecedentes a nivel internacional

España desde los años setenta ha venido desarrollando en gran manera la producción de energía solar fotovoltaica, desde entonces ha venido extendiéndose en pequeña y gran escala teniendo un gran significado social y cultural, además de ser uno de los países que más produce células y paneles fotovoltaicos (Espejo Cayetano, 2004).

España ha sido precursora a nivel mundial en la implantación de energía solar fotovoltaica experimentando un gran crecimiento durante los años 2007 y 2008, posteriormente a eso, tuvo un estancamiento de casi una década y actualmente nuevamente ha tenido un gran e importante impulso (Espejo Marín & Aparicio Guerrero, 2020). El desarrollo e implantación de estas tecnologías se debe principalmente a condiciones de radiación con las que cuenta el territorio, y a la existencia de un marco legal y económico favorable, además algunas entidades financieras realizan importantes aportes económicos para que inversores por medio de un sistema singular de agrupación denominado huerto solar, la cual constituye la base de la estructura productiva de la energía solar fotovoltaica, puedan invertir en este tipo de instalaciones. El gobierno de España con el fin de reforzar los objetivos prioritarios de su Política Energética, aumentar la seguridad y calidad del suministro eléctrico y mejorar el respeto al medio ambiente aprueba en el año 2005 el Plan de Energías Renovables 2005-2010, en donde fija como objetivo una potencia solar fotovoltaica 400 MW, comprobando en el año 2008 que la potencia instalada supera el 85% del objetivo de la potencia esperada para el 2010, alcanzando al mes de mayo 1.000 MW de potencia

instalada (Marín & Guerrero, 2020, como citó Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2005).

El gran crecimiento que tuvo España en las instalaciones fotovoltaicas, especialmente en el 2008 con 3.391MW de potencia instalada, convirtió a España en el segundo país con más potencia instalada en el mundo, después de Alemania, además de ser la energía solar fotovoltaica la segunda tecnología renovable con mayor desarrollo en el país, alcanzando ya para finales del año 2018, una potencia instalada de 4,698 MW, aportando el 4,5% de la potencia eléctrica instalada en el conjunto del país y el 10,2% de la electricidad generada con energías renovables (Marín & Guerrero, 2020).

En el año 1994 se inauguró la primera planta solar fotovoltaica de Europa, ubicada en el municipio de La Puebla de Montalbán, Toledo, con una potencia de 1 MW, siendo en ese momento la planta fotovoltaica más grande y que cumplirá 27 años de funcionamiento (Naturgy, 2019).

En el año 2020 en el municipio de Usagre, provincia de Badajoz, España, el grupo Iberdrola, a través de su filial en España, construye la planta fotovoltaica de Núñez de Balboa, con capacidad instalada de 500 MW de potencia y con capacidad de suministrar energía limpia a 250.000 personas, convirtiéndose en la planta solar más grande de Europa, la planta cuenta con una instalación de 1.430.000 paneles solares y 115 inversores, esperando producir alrededor de 832 GWh al año y evitando según Ignacio Galán, presidente del grupo Iberdrola, la emisión a la atmósfera de 215.000 toneladas de CO₂ por año (IBERDROLA, 2020).

En el municipio de El Carpio de Tajo, municipio de la provincia de Toledo, España, la empresa Naturgy para el año 2019 inaugura la planta fotovoltaica Carpio de Tajo, la mayor instalación del municipio de Toledo, con 148.422 módulos y una potencia de 50 MW, para producir alrededor de 90 GWh al año, lo que equivale al consumo eléctrico anual de cerca de 25.000 viviendas, Esta infraestructura permitirá desplazar el uso de otras fuentes de generación eléctrica convencional, contribuyendo a reducir en torno a 53.000 toneladas de CO2 al año 1.304.800 toneladas durante toda su vida útil. (Naturgy, 2019)

Para el año 2019 se comienza en Werneuchen, municipio del distrito de Barnim, en Brandeburgo, (Alemania), el parque solar Weesonw-Wilmersdorf, lo que sería la planta solar más grande de Alemania, se prevé que la planta suministrará energía a unos 50.000 hogares, con una producción anual de 180 millones de kilovatios hora de electricidad y contribuirá a la reducción de emisión de 129.000 toneladas de CO2 al año, y tendrá una vida útil de 40 años (Catalina, 2020).el proyecto comprenderá 465.000 módulos solares, ubicados en 164 hectáreas. "Este parque solar es nuestro primer proyecto renovable sin financiación estatal. También marca un hito para la fotovoltaica en Alemania y demuestra que esta tecnología ha alcanzado la madurez del mercado", comentó Dirk Güsewell, jefe de Desarrollo de la Cartera de Generación de EnBW. Esto es posible gracias a los efectos de sinergia debidos al tamaño del parque y al hecho de que los costes en el sector fotovoltaico han disminuido en más de un 80% en los últimos diez años.

En el año 2019 se pondrá en marcha el que sería el parque fotovoltaico más grande de Israel, la planta de Shneur Tze'elim en el desierto del Néguev, la cual permitirá la producción de

electricidad con fines comerciales durante un período de 20 años. El proyecto estima una inversión de 600 NIS (más de 170 millones de dólares), este parque está destinado a suministrar energía solar a unos 60.000 hogares de Israel, abarca 1.250 Acres de tierra, consta de unos 360.000 paneles solares y es capaz de suministrar 120 megavatios de potencia. Esta planta se diseñó inicialmente como una central termosolar, sin embargo, en una decisión del gobierno de diciembre de 2015 se aprobaron planes para convertir la planta en una planta fotovoltaica (Romero, 2019). El ministro de Energía, Yuval Steinitz, expresó: "Este es otro proyecto importante, que generará electricidad para decenas de miles de hogares en Israel con energía limpia, y continuaremos trabajando para promover la energía renovable en Israel".

Al sur de Honduras, en el departamento de Valle, para el año 2015 se inaugura la primera planta solar fotovoltaica del país conectada al Sistema de Interconexión Nacional (SIN), la cual tiene una capacidad instalada de corriente directa de 145,9 MW y 104 de alterna, convirtiéndose la más grande de Centroamérica, compuesta por 480480 módulos fotovoltaicos distribuidos en 600 hectáreas, capaces de producir hasta 125 MW de potencia pico en corriente alterna (AC) para proporcionar electricidad doméstica diaria, lo que equivale a generar entre 8 y 9% de la potencia energética del país durante las horas pico de cada día, más de la décima parte de los 1,500 MW de AC que se producen en Honduras entre todas sus fuentes energéticas. La inversión fue de aproximadamente 240 millones de dólares. (National Geographic, 2018)

Al Norte de la provincia de Qinghai, China, se inauguró en 2020 la central fotovoltaica más grande del mundo, con una inversión superior a los 2 mil millones de dólares y un poder de generación de 2.2 Gigavatios (Gw) de potencia, se emplearon módulos bifaciales monocristalinos

y se usa el desarrollo PV-plus-storage, el sistema de almacenamiento de energía integrado; y el inversor de cadena de 1500 V más potente del mundo, el SG250HX. Esta planta contribuye en gran medida con la reducción de emisiones atmosféricas de dióxido de carbono y dióxido de azufre, ratificando los compromisos suscritos en los Acuerdos de Paris. (Chávez, 2020)

En el año 2016 en el desierto de Atacama, al norte de Santiago, Chile, la empresa española ACCIONA coloca en marcha la planta Solar El Romero, la mayor planta fotovoltaica y la de mayor potencia de Latinoamérica hasta el momento, con 776.000 módulos fotovoltaicos de silicio policristalino y con 246 MWp de potencia pico, logrando producir energía equivalente al consumo de unos 240.000 hogares chilenos, 80 MW de su capacidad va destinada a suministrar al centro de datos de Google en el país. La planta El Romero es capaz de generar anualmente unos 493 GWh de energía limpia, evitando la emisión a la atmósfera de unas 474.000 toneladas de CO₂ en centrales de carbón y contó con una inversión de 343 millones de dólares. (ACCIONA, 2021)

Australia cuenta con grandes proyectos y plantas fotovoltaicas, entre ellas está la planta Bungala, ubicada en la ciudad de Puerto Augusta, en Australia del Sur, puesta en funcionamiento en 2018, con más de 1,2 millones de paneles solares fotovoltaicos policristalinos extendidos en 800 hectáreas y una capacidad de 220 MW de potencia con el que se abastecen a más de 80.000 familias australianas y compensa 520.000 toneladas de emisiones de dióxido de carbono. (Enel Green Power, 2018)

Para el año 2023 se prevé la construcción de una enorme granja solar al Norte de Australia, La granja solar de Newcastle Waters, la cual se espera suministre 10 gigavatios de electricidad y será tan grande que podrá verse desde el espacio y contará con una inversión de 20 millones de dólares. El inicio de la construcción del parque fotovoltaico será a finales de 2023, y la generación de energía se espera sea para 2026 y la exportación para 2027, mientras que la exportación para el año 2027. Esta producción de energía que no sólo abastecerá a la capital Darwin en el Territorio del Norte, sino que dos tercios de la electricidad se exportarán a través de cables submarinos de corriente continua de alto voltaje, extendidos a lo largo de 4500 km hasta Singapur, en donde actualmente el 95% de la electricidad producida es con gas natural y el 5% restante proviene del carbón, petróleo y energía solar, según informa la Administración de Información de Energía de EE.UU. (Lewis, 2021)

En Brasil para el año 2017 entró en operación La planta solar de Nova Olinda con 292 MW de potencia, compuesta aproximadamente por 930.000 paneles solares en un área de 690 hectáreas, ubicada en el estado de Piauí, Ribeira do Piauí y una inversión de aproximadamente 300 millones de dólares, capaz de producir más de 600 GWh al año en pleno funcionamiento, suficiente para cumplir con las necesidades anuales de consumo de cerca de 300.000 hogares brasileños a la vez que se evitará la emisión de 350.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera. (Blanco, 2017)

Para finales del año 2018 en México, el grupo empresarial Iberdrola coloca en funcionamiento dos grandes instalaciones de plantas solares fotovoltaicas, una de ellas es la planta fotovoltaica Santiago, ubicada en la ciudad de San Luís Potosí, en el centro de México,

con una inversión de alrededor de 250 millones de dólares, produce energía eléctrica mediante más de 660.000 módulos fotovoltaicos y evita la emisión a la atmosfera de 340.000 toneladas de CO2 al año, además, la planta cuenta con una capacidad instalada de 170 MW, generando una producción energética de 460 GWh anuales, lo que es capaz de abastecer a 138.000 hogares y ocupa una extensión de 750 hectáreas . La otra instalación es el parque fotovoltaico Hermosillo, situado en el nortero estado de Sonora, cuenta con una capacidad total instalada de 100 MW generada a través de 392.940 módulos fotovoltaicos en una extensión de 300 hectáreas. Ambas plantas fotovoltaicas responden a la apuesta de Iberdrola por las energías renovables en México y contribuyen a cumplir las metas de energía limpias nacionales definidas en la Ley de Transición Energética que contempla el objetivo de alcanzar el 35% de generación limpia en 2025.

(IBERDROLA, 2021)

En Argentina en el año 2019 el gobierno inauguró el parque solar Caucharí ubicado en la provincia de Jujuy, con una potencia de 315 MW es posicionada entre las más importantes de América Latina y más compleja por la altitud a la que se encuentra, a 4.200 metros sobre el nivel del mar. Este parque se conforma por tres estaciones de 100 MW, cuenta con 1.200.000 paneles solares ubicados en un predio de 600 hectáreas, proporciona energía a más de 160.000 hogares del país y reduce las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera en unas 325.000 toneladas promedio. El proyecto se tradujo en un contrato de 390 millones de dólares, de los cuales el 85% fue financiado por el Eximbank, y el 15% restante por el gobierno de Jujuy. (Colqui, 2020)

India se ha convertido en uno de los mayores productores de energía renovable en el mundo, son muchos los proyectos solares que ha implementado y que han beneficiado a aeropuertos y puertos marítimos, una de las instalaciones es el proyecto Shakti Sthala, ubicado en

la ciudad de Pavagada, en una superficie de 5.261 hectáreas, capaz de generar hasta 2GW de energía, el cual conto con un presupuesto de 2.530 millones impulsando un programa de arrendamiento con los agricultores, en donde el gobierno les paga un alquiler por el uso de la tierra por durante el tiempo que dura el proyecto. (Mekler, 2019)

Estados unidos aprobó en 2020 el proyecto solar nombrado Gemini, el cual se ubicará al noreste de Las Vegas y tendrá una capacidad de 690 MW, potencia suficiente para alimentar a 260.000 hogares en el área de las vías. El proyecto cuenta con una inversión cerca de mil millones de dólares, sus procesos podrían finalizar como pronto en el año 2022 y se espera que compensará las emisiones de efecto invernadero de aproximadamente 83.000 automóviles, el equivalente a 384.000 toneladas de dióxido de carbono. (López, 2020)

Antecedentes a nivel nacional

En Colombia la compañía Enel Green Power ha implementado proyectos para generación de energías renovables, uno de ellos es la planta fotovoltaica El Paso, ubicada en el departamento de Cesar, con una capacidad instalada de 86,2 MW de potencia, energía para satisfacer las necesidades de consumo de energía de aproximadamente 102.000 hogares colombianos, casi 400.000 personas. La planta se encuentra en funcionamiento desde el año 2019, conto con una inversión de 70 millones de dólares, ocupó un área de 210 hectáreas, se utilizaron cerca de 250.000 paneles solares, podría generar cerca de 176 GWh al año, que brindarían energía a 102.000 hogares y así evitar la emisión de alrededor de 100.000 toneladas de CO₂ a la atmosfera. (Enel Green Power, 2019)

En el año 2019 Ecopetrol inaugura un parque solar en la población de Castilla La Nueva, departamento del Meta, con una capacidad instalada de 20 MW, un total de 54.500 paneles en servicio, en un área aproximada de 18 hectáreas y una inversión alrededor de 20 millones de dólares, con el que Ecopetrol le apuesta sigue apostando a la incorporación de energías renovables y la reducción de emisiones de dióxido de carbono en sus procesos de producción. (Gonzales, 2019)

A inicios del presente año la compañía de petróleo, Ecopetrol, comenzó la construcción de un mega parque solar San Fernando, en el municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta, con este parque solar, Ecopetrol añadirá 59 MW de energía solar a su matriz, el equivalente a energizar un centro poblado de 65.000 habitantes. Este parque cuenta con paneles bifaciales, y son capaces de seguir la trayectoria del sol para aprovechar al máximo su recurso. El parque San Fernando ocupará una superficie de 47 hectáreas, donde se ubicarán más de 113 mil paneles solare de última generación, se espera que este parque abastezca las operaciones de Ecopetrol y su filial Cenit en los Llanos Orientales y se convierta en el mayor centro de autogeneración de energía de Colombia. Según el cronograma de la obra, construcción iniciaría en octubre de 2020 y se espera que culmine sus etapas en 2021, su entrada en operación evitará la emisión de más de 508 mil toneladas equivalentes de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera durante los próximos 15 años, cifra que equivale a la siembra de más de 3,9 millones de árboles. (El Tiempo, 2020)

En el año 2019 el gobierno colombiano presenta el respaldo a la construcción del parque central fotovoltaica Puerta de Oro, un proyecto de Resolución por el que se declara de utilidad pública e interés social, aprobado por el Ministerio de Minas y Energías, que tendrá una

capacidad de generación de 300MWp, en un área total de 900 hectáreas y que se espera según la planificación de la empresa, sociedad Parque Solar Puerta de Oro S.A.S, sea construido en los municipios de Guaduas y Chaguaní, en el departamento de Cundinamarca, Colombia, y entre en operación a finales del año del presente año. (Sánchez, 2020)

En el departamento de Guainía, Colombia, para el año 2020 entra en operación la Granja Solar Inírida, la Planta Solar más grande de las Zonas No interconectadas de Colombia. La granja cuenta con una instalación de 7.560 paneles solares de 330 W, para un total de 2.49MW de capacidad instala, un inversor y un único transformador que permite el aporte de energía a 32.100 habitantes de la capital del departamento, contribuyendo así, con el 20% de la demanda diaria, la cual es atendida mediante generación Diesel. Esta conexión va directa a la red de distribución, pues no tiene acumulación de energía por medio de baterías, para garantizar la generación de energía la empresa Gensa implementó un sistema Híbrido, combinando tecnología solar y Diesel, de manera que la energía faltante durante el día y la energía requerida por la noche sea generada por Diesel. Esta instalación reducirá anualmente el consumo de aproximadamente 270.000 galones de combustible diésel, disminuyendo con ello la emisión de 2.798 Toneladas de dióxido de Carbono a la atmosfera. (Gensa, 2020)

En el municipio Puerto Gaitán, departamento del Meta, Colombia, se inauguró para el año 2020 la Planta fotovoltaica Bosques Solares de los Llanos, propiedad de las compañías Matrix Renewables y Trina Solar, con una capacidad instalada de 27.23 MW, capaz de generar la energía eléctrica consumida por 23.800 familias aproximadamente y que reducirá la emisión de 19.450 toneladas de dióxido de carbono anuales. Esta es la segunda planta de las tres ubicadas en

los Llanos Orientales que hacen parte del acuerdo firmado entre Trina Solar y Matrix Renewables, para construir cerca de 425 MW de plantas fotovoltaicas en Colombia. (El Tiempo, 2021)

En el año 2020 en El Espinal, municipio del departamento del Tolima, Colombia, entro en operación la primera planta solar del departamento, Celsia Solar Espinal, construida por la empresa de energía del Grupo Argos, Celsia, en una superficie de 17 hectáreas, donde se instalaron 35.000 paneles solares con capacidad de generar 9.9 MWp, para abastecer un poco más de 6.000 hogares y con la que se dejaron de emitir 194.775 toneladas de dióxido de carbono, durante los 25 años en que estará en funcionamiento la granja. Como parte del plan de compensación se contempla la siembra de 4.000 árboles, siete veces más el número que fueron intervenidos para el desarrollo de la granja. (López, 2020)

En Antioquia, Colombia el grupo Empresas Públicas de Medellín (EPM) pone a prueba el parque solar flotante llevado a cabo en el embalse El Peñol, el primer piloto de parque flotante en Colombia, que se ha venido desarrollado hace más de un año y en donde utilizan paneles sobre una infraestructura de flotadores acuáticos, y el cual ha cumplido con el objetivo de probar y determinar los fundamentos técnicos y económicos de estas soluciones y sus beneficios, y cuyos resultados se están comparado con las instalaciones fotovoltaicas tradicionales en tierra y techos. El gerente de Desarrollo e Innovación de EPM, Jhon Restrepo, explico que “Con este proyecto piloto hemos verificado que los sistemas flotantes de paneles presentan un desempeño energético superior al 10% o 15% frente a los sistemas tradicionales como los parques solares tierra o los techos fotovoltaicos, gracias a su cercanía con el agua, ya que les permite estar más refrigerados

y aprovechan la mayor radiación que refleja el agua con respecto a la tierra”. El parque abarca un área de 1.430 m², cuenta con un sistema de 38 paneles, una capacidad instalada de 100 kilovatios (KW) en dos módulos de 50 KW, el cual genera cerca de 145 MWh, energía eléctrica suficiente para 15 casas grandes durante un año, dicha energía producida se transmite por un cable subacuático especial hasta una subestación cercana y es utilizada en equipos de la central y operación del embalse. El Ministerio de Minas y Energía (MME) analizará los resultados de esta prueba piloto para desarrollarlos en el país. (López, 2021)

En Riohacha, Guajira, Colombia se contempla la construcción del Parque Solar Cuestecitas, un proyecto muy emblemático y de los más grandes con una potencia nominal de 600MW con conexión a la red de 500 KW en la subestación de Cuestecitas a 1 kilómetro de distancia. La planta se realizaría en 3 fases, iniciando en 2023 y contará con 2.130.000 paneles solares instalados en una superficie de 1800 hectáreas y se estima una energía generada de aproximadamente 1500 GWh/año. Este proyecto estará coordinado y construido colectivamente con la población local del departamento de la Guajira y con sus comunidades étnicas. (Colombia Solar Corporación Internacional, 2020)

El departamento de Sucre, Colombia, la Sociedad Colombiana de Construcciones, SOCOLCO, comenzó en el presentó año la construcción del parque fotovoltaico La Sierpe, en el municipio de San Benito Abad, el cual contará con 65.000 paneles solares bifaciales de 26MW, que generaran 4.280.000 kWh/ mes y una inversión de 20 millones de dólares. (Sánchez, 2020)

En el año 2018 en el municipio de Santa Rosa de Lima, en el departamento de Bolívar, Colombia, comenzó a operar la granja Celsia Solar Bolívar, con 7 meses de trabajo, 12 hectáreas de superficie, cerca de 32 mil paneles solares, capacidad instalada de 8,06MW, una inversión aproximadamente de 8 millones de dólares y una generación estimada de 15.542 MWh de potencia al año, la cual equivalen a la energía consumida de unas 7.400 familias. El proyecto evitará la emisión de más de 170.000 toneladas de CO₂ al año, durante los 30 años de la vida útil de la granja. La energía producida se entrega directamente al Sistema Interconectado del país. (El Tiempo, 2018)

En Valle del Cauca, Colombia, se encuentra funcionando desde el año 2017 la Granja Celsia Solar Yumbo, la primera granja solar de Colombia conectada al Sistema Interconectado Nacional, la cual cuenta con 35 mil paneles, tiene una capacidad instalada de 9.8 MW, ocupa un terreno de 18 hectáreas y tuvo una inversión de 11 millones de dólares. En su primer año de operación generó 14.13 GWh de energía, el equivalente al consumo de 8.000 hogares y ayudo a evitar la emisión de 5.185 toneladas de CO₂. (Baos, 2017)

En 2018 en Santander, Colombia se inaugura el parque solar Majavita, un proyecto de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Libre seccional Socorro, el cual genera a través de paneles fotovoltaicos, una potencia nominal de 4.650 W, equivalente a la media consumida por los bloques de aulas, y a su vez, cuenta con un sistema de respaldo con baterías, capaz de dar una autonomía de hasta siete horas a la iluminación de los mismos. El parque solar evita la emisión anual de casi 4 toneladas de CO₂ a la atmosfera, de acuerdo a la calculadora de la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME), explica el

ingeniero Juan Pablo Gómez Cardona, docente e investigador de la Universidad Libre.

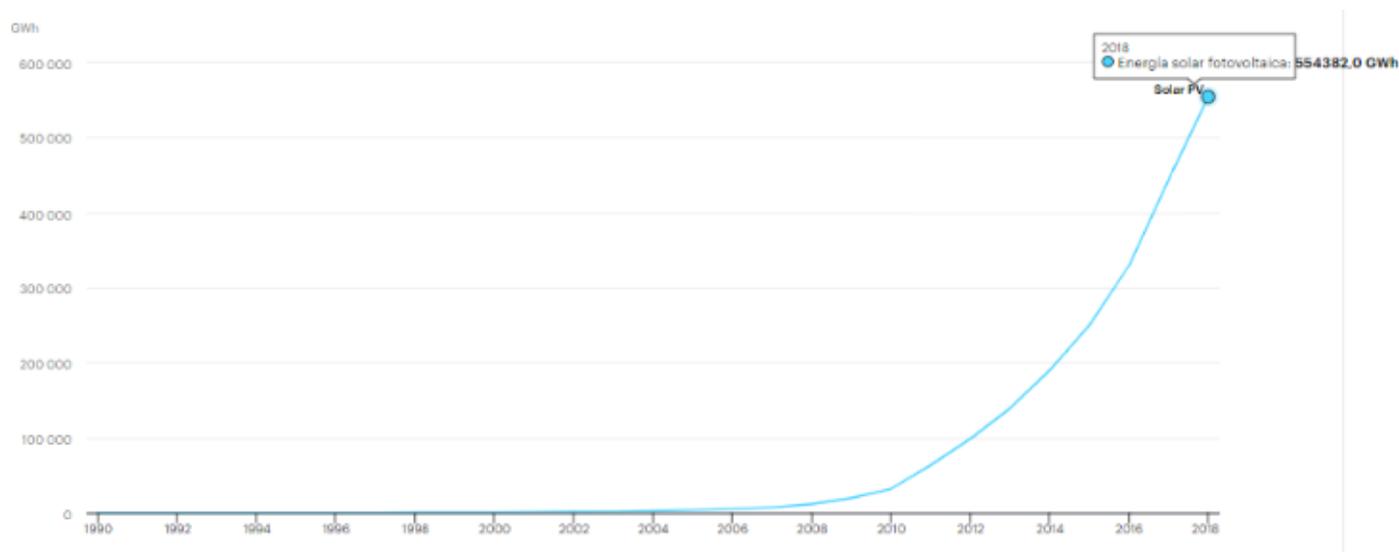
(UNIVERSIDAD LIBRE, 2020)

Como se puede observar en los referentes teóricos, el uso de la energía solar fotovoltaica ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años tanto a nivel mundial como nacional, varios países han optado por implementar sistemas solares fotovoltaicos y así han logrado un aporte en la reducción de emisiones.

Según La Agencia Internacional de Energía (IEA) El papel de la energía solar puede pasar de ser un margen pequeño de contribución, como es considerado actualmente, a llegar a ser la más importante fuente energética en el 2050, debido a que este tipo de energía tiene el potencial más amplio de todo el portafolio de energías disponibles, con un 40 %. El incremento de la capacidad instalada de generación de electricidad a partir de la energía solar fotovoltaica paso de 5.1GW en 2005 a ser de 227GE en el 2015, donde los principales países productores de este tipo de energía en el periodo 2009-2015 fueron: China que paso de generar 7% de la producción mundial en 2012 a posicionarse en un primer lugar con un 19.03%, con una producción de 43.2 GW, Alemania obtuvo el primer lugar en 2009, generando el 47 % de la producción mundial; y en 2015 ocupó el segundo lugar con 18.6 %. En ese mismo año, Japón obtuvo el tercer sitio con 15.1 %; una producción de 34.3GW, EE. UU., en cuarto lugar, con 11.27 % y 25.6GW, Italia el quinto con 8.37 %; Reino Unido ocupó la sexta posición en 2015 con 3.9 %; seguida por Francia, España, Australia e India. (Beltrán A., Morera M. y López F., 2017)

A continuación, se presenta la ilustración 4 con la Generación de electricidad solar fotovoltaica a nivel mundial, en un periodo de 1990 a 2018

Ilustración 4 *Generación de electricidad solar fotovoltaica a nivel mundial, periodo de 1990 a 2018*

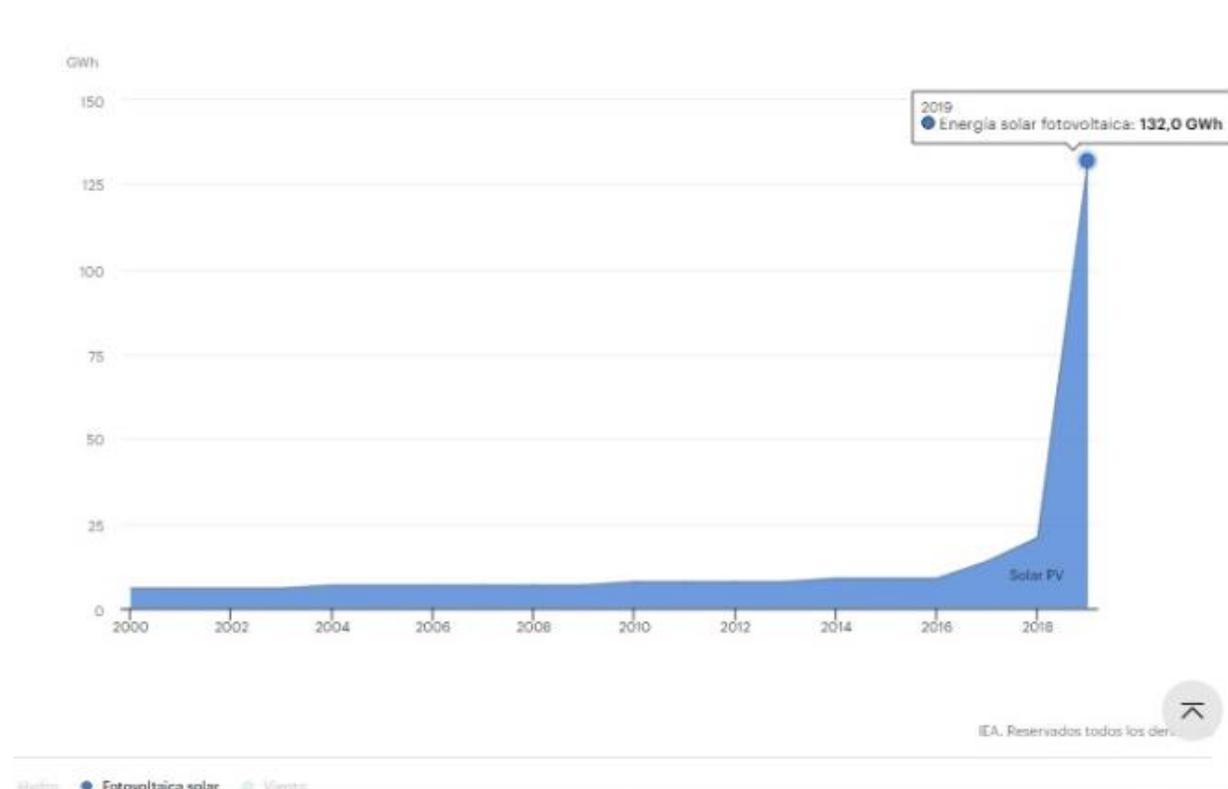


Fuente: iea.org

En la anterior grafica se observa el crecimiento que ha tenido la generación eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica, siendo en el año 2008 donde se muestra un aumento de forma acelerada en la implementación de estos sistemas, logrando para el año 2018 una generación de 554382GWh.

A continuación en la ilustración 5 se presenta gráficamente el progreso que ha tenido Colombia en cuanto a Generación de electricidad renovable por fuente solar fotovoltaica y eólica, en el periodo de 1990 a 2019

Ilustración 5 Generación de electricidad renovable por fuente solar fotovoltaica, Colombia 1990-2019



fuelle: iea.org

En la ilustración anterior se observa el comportamiento que ha tenido Colombia en cuanto a generación de electricidad a partir de sistemas fotovoltaicos en los periodos comprendidos del año 1990 al 2019, en el cual se puede apreciar que existe un incremento progresivo en la utilización de este tipo de energía a partir del año 2016, teniendo para el año 2019 una generación de 132GWh de energía solar fotovoltaica.

Análisis De La Implementación De La Energía Solar Fotovoltaica En El Departamento De Norte De Santander

El departamento de Norte de Santander se sitúa en el noreste colombiano de la región andina del país, está conformado por 40 municipios, los cuales se agrupan en 6 subregiones, 2 provincias y un área metropolitana, su capital es la ciudad de San José de Cúcuta, cuenta con una superficie de 21.648 km² y limita con los departamentos de Santander, Cesar, Boyacá, y con la República de Venezuela. El Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) del 2018 proyecta para el año 2020 una población total de 1.620.318 habitantes, siendo su capital, Cúcuta el principal nodo poblacional. del departamento con 1'032.000 habitantes. Una de las actividades que conforman la estructura económica del departamento es la distribución de electricidad, gas y agua, ocupando el octavo lugar en el año 2016, la cual ha presentado una variación en los últimos 17 años de 72%, esto debido principalmente al crecimiento en cuanto a generación, captación y distribución de energía en el departamento en un 78% (Plan de Desarrollo Norte de Santander, 2020).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Colombia, el grupo de Minas y Energías es responsable del 10% de las emisiones nacionales de GEI, en donde una de las principales fuentes de emisión es el uso energético de combustibles fósiles para la producción de potencia y la producción y refinación de petróleo y gas. En el análisis de emisiones de este sector, Norte de Santander ocupa el noveno lugar con respecto a otros departamentos con un total de emisiones de 0,82 MTon CO₂ eq, lo que representa el 12,8% de emisiones departamentales dato obtenido del valor de emisiones fugitivas y por quema de antorcha en

actividades de minería de carbón subterránea, quema de combustibles en centrales termoeléctricas, quema de combustibles en producción de coque y de carbón vegetal, quema de combustibles en refinarias y en extracción y procesamiento de gas y petróleo. (CORPONOR, 2018).

Norte de Santander cuenta con la empresa de generación y comercialización de energía eléctrica, Termotasajero S.A.E.S.P., empresa filial de la empresa de inversión Colgener S.A. quien entró en operación con su primera planta, Termotasajero, en el año 1984 y posteriormente en el año 2015 completó con éxito la construcción de la planta Termotasajero Dos. Termotasajero S.A.E.S.P. es una central termoeléctrica a carbón, cuenta con dos plantas generadoras situadas en el municipio de San Cayetano y tienen una capacidad instalada de 333MW. Las plantas Termotasajero y Termotasajero Dos, la cual es una Zona Franca Permanente Especial (ZFPE), razón por la que goza de un tratamiento tributario especial, compran cerca de un 35% de los dos millones de toneladas de carbón que se producen en norte de Santander, para esto la empresa realiza diferentes convocatorias de compra de carbón haciendo que diferentes empresas locales participen y puedan vincularse como proveedores del mineral para la Organización por medio de contratos a mediano y largo plazo. Termotasajero para poder generar energía depende de las disposiciones del Centro Nacional de Despacho (CND), quien es el ente encargado de la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) (Termotasajero SA ESP, 2021).

La Empresa comercializa la energía por medio de dos rutas: a través de contratos bilaterales de largo plazo, los cuales son firmados con distribuidores de energía a nivel nacional, quienes se encargan de llevarla a los consumidores finales y por medio de la Bolsa de Energía, donde se comercializa la energía.

Proceso De Producción De Energía Eléctrica En Termotasajero

La empresa toma energía química en forma de carbón entregada por las empresas proveedoras, este es pulverizado en pequeñas partículas para luego ser introducidas en las calderas de las plantas, posteriormente el carbón se somete a un proceso de combustión donde se convierte en energía térmica. Debido a la combustión se genera vapor, que a altos niveles de temperatura y presión activa una turbina transformándolo en energía mecánica. La turbina es conectada a un generador donde finalmente se produce la energía eléctrica generada por las plantas y que hace parte del Sistema Interconectado Nacional.

La energía generada por las plantas Termotasajero y Termotasajero Dos, en el año 2020 fue de 2.109.929.174 KWh, y el consumo de carbón fue de 812.825 toneladas.

Con respecto a las emisiones y a la calidad del aire, la empresa en su segundo reporte de sostenibilidad de Termotasajero reconoce que genera impactos al entorno como consecuencia de los gases, del material particulado y los niveles de presión sonora de sus operaciones, para reducir dichos impactos y evitar en los posible la afectación del entorno, la organización implementa algunos mecanismos que buscan garantizar el cumplimiento de la normatividad aplicable y cumplir con la responsabilidad que se tiene con el medio ambiente. Algunas de las acciones que se llevan a cabo son:

- ✓ Implementación de los programas señalados en el plan de manejo (PMA) y en el Plan de Monitoreo y Seguimiento (PMS) en relación con el manejo del aire.
- ✓ Seguimiento al permiso de emisiones por parte de la autoridad ambiental competente, en este caso, la Corporación autónoma regional de la Frontera Nororiental (Corponor), y así velar por el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

- ✓ Mantenimientos a los equipos utilizados, para así prevenir o reducir las concentraciones de emisiones.
- ✓ Cuentan con estaciones de monitoreo colocadas en puntos estratégicos del área de influencia para la medición de niveles de emisiones y parámetros de la calidad del aire.

Lo anterior conlleva a que la empresa cumpla con los niveles máximos permisibles establecidos en la ley en cuanto a la emisión de óxidos de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y de material particulado (MP). A continuación, se presenta en la tabla 1 los indicadores de emisiones de las plantas Termotasajero y Termotasajero Dos, respecto a los valores máximos permisibles.

Tabla 1 *Indicadores de Emisiones*

Parámetros	Termotasajero	Termotasajero Dos	Máximo permitido (Resolución 909/2008)
Emisión de material particulado (PM)	20,9 mg/m ³	10,72 mg/m ³	100 mg/m ³
Emisión de Dióxido de Azufre (SO ₂)	1.208,53 mg/m ³	1.200,99 mg/m ³	2800 mg/m ³
Emisión de Óxidos de Nitrógeno expresados como NO ₂	520,71 mg/m ³	451,27 mg/m ³	760 mg/m ³

Fuente: Termotasajero (2021)

Termotasajero teniendo en cuenta las tendencias del mercado y conscientes del proceso de transición energética sobre el que hoy avanza el mercado de energía eléctrica en Colombia, ha iniciado el desarrollo de nuevos proyectos de generación de energía con fuentes renovables no convencionales, en especial la energía solar fotovoltaica y de esta manera reforzar el principio de sostenibilidad y rentabilidad, disminuir la huella de carbono y ser más competitivos en el mercado. Es por esto, que la empresa viene trabajando un plan de expansión de generación de energía eléctrica, a través de la instalación de plantas fotovoltaicas. Se prevé que para el año 2021 la fase preoperativa de los proyectos estará lista, esta fase consiste en tramitar permisos y requerimientos legales, estudios de los puntos de conexión, ofertas de construcción y análisis de prefactibilidad. La empresa ha venido adelantando un poco en la fase de exploración, en cuanto a capacidades y potenciales zonas para su desarrollo, en el caso de Norte de Santander se ha explorado la capacidad de generación de 6MW. Termotasajero se proyecta para 2021 con una producción de energía solar fotovoltaica de 50MW, la cual se espera que para 2022 en adelante sea de 100MW (Termotasajero SA ESP, 2021).

Continuando con el análisis de las empresas generadoras y distribuidoras de energía en Norte de Santander, tenemos a la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS, quien inicio operaciones desde al año 1952. El sistema eléctrico de CENS se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN), como operador de Red, tiene una capacidad total de distribución de 1.028,78MW, logrando cubrir la demanda energética de 47 municipios, de los cuales 40 pertenecen a Norte de Santander, operativamente se divide en 5 regionales que son: Cúcuta, Ocaña, Aguachica, Pamplona Y Tibú (Esp, 2020). Para finales del año 2020 CENS contaba con 555.564 usuarios, distribuidos en las regionales de la siguiente manera: Cúcuta con

338,351 un equivalente al 61%, Ocaña con 85,779 (15%), Aguachica con 58,406 (11%), Pamplona con 49,232 (9%) y Tibú con 23,889 lo que corresponde a un 4%, siendo el sector residencial, representante del 92,14% del mercado, con 511,971 usuarios.

La compra de la energía de la empresa CENS es realizada por compra en bolsa y en contratos, realizando la proyección de la demanda de energía eléctrica a corto y largo plazo. La energía es transportada en niveles iguales o superiores a 220 KW, desde las redes regionales de transmisión hasta los hogares o domicilio del usuario final (*CENS, 2020*).

Actualmente la empresa apuesta por la incursión en otras fuentes de energía, como las energías renovables, y de esta manera ayudar a la reducción del impacto ambiental con la disminución del uso de fuentes agotables, además de facilitar el acceso y cobertura de la energía, en especial las áreas rurales que se encuentran apartadas del sistema eléctrico tradicional.

Dando cumplimiento a la resolución CREG 030 de 2018 para la conexión de Autogeneradores a Pequeña Escala (AGPE) y Generadores Distribuidos (GD), Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS SA ESP, pone a disposición del público en general el formato establecido para la inscripción de los proyectos de autogeneración existentes y los nuevos, el aplicativo para la consulta de la disponibilidad de la red en el Nivel de tensión 1 (NT1), y los lineamientos para los estudios de conexión simplificados para quienes tengan interés en recibir oferta por parte de CENS para instalar un sistema de Autogeneración basado en sistemas de generación solar (*CENS, 2020*).

En el Informe de Sostenibilidad de 2020 de CENS, presenta que para el año 2019 la empresa recibió 91 solicitudes de conexión de autogeneradores a pequeña escala, de las que se fueron conectadas 46 para un total de 68 usuarios, autogeneradores conectados al Sistema de

Distribución Local (SDL) de CENS. Los 68 usuarios conectados suman una capacidad instalada de generación de 718.45 KW de potencia, presentando compras de energía por un valor total de COP\$ 124.88 millones que corresponden a 228,356 kWh/ mes de excedentes entregados por parte de estos Auto generadores. A continuación, en la tabla 2 se presentan los municipios y los usuarios AGPE conectados al Sistema de Distribución Local (SDL) de CENS.

Tabla 2 *Municipios y Usuarios con conexión de Autogeneradores a Pequeña Escala, conectados al SDL de CENS*

Municipio	Usuarios AGPE conectados
Ábrego	2
Aguachica	2
El Carmen	1
Los Patios	7
Ocaña	10
San José de Cúcuta	38
Villa del Rosario	8
Total	68

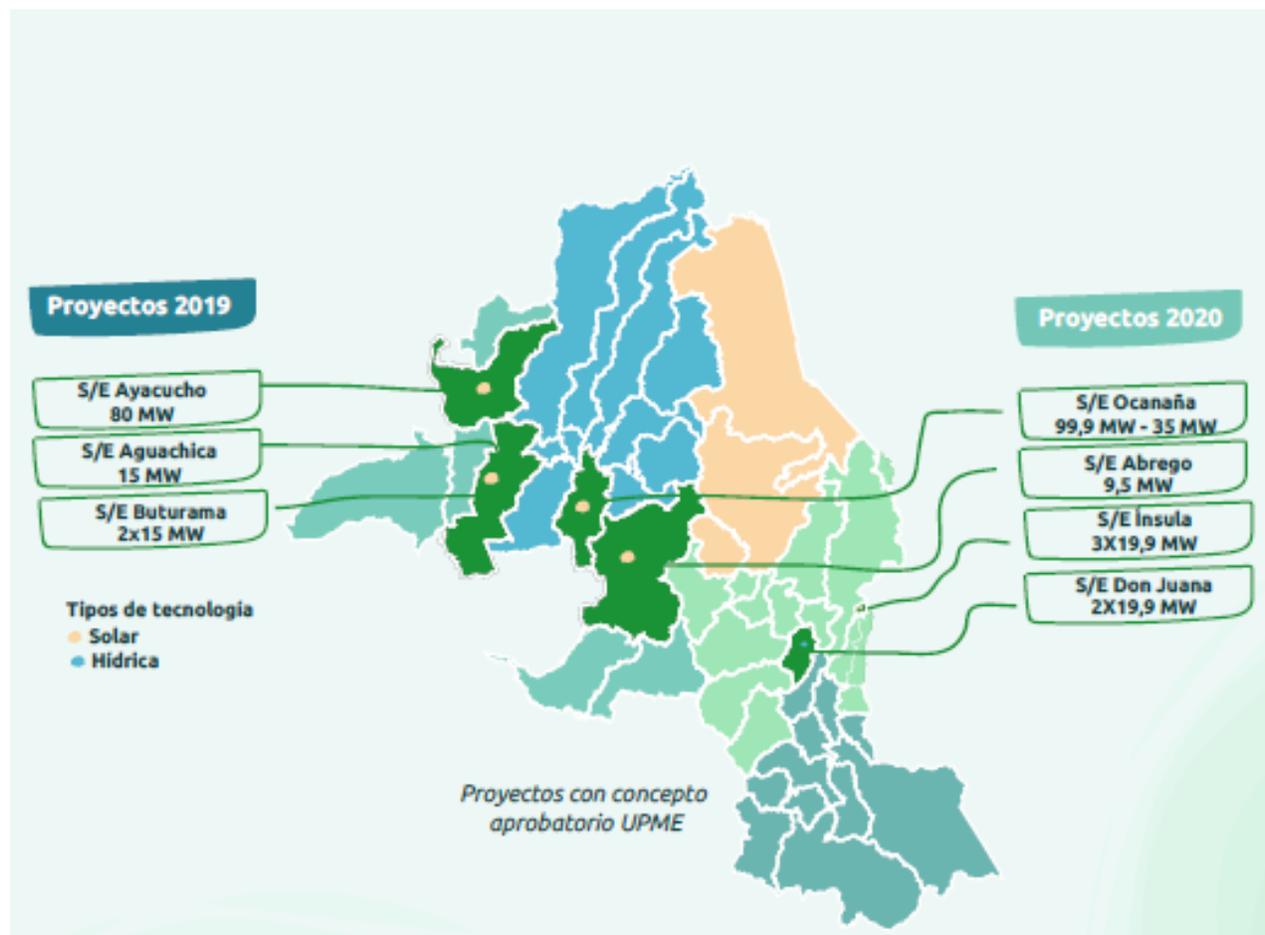
Fuente: CENS, 2020

La gestión realizada por CENS durante los dos últimos años ha logrado que la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) apruebe la generación de 369 MW, lo que representaría el aporte de aproximadamente un 2% de la energía que se incorporará dentro de la matriz

energética nacional para los próximos años. Destacando el gran auge de proyectos de generación con tecnología no convencional a base de energía solar a gran escala. De acuerdo con CENS en su Informe de Sostenibilidad 2020, actualmente se encuentran en análisis la conexión de 130 MW de generación en la UPME y 455 MW en CENS, que ampliará a futuro el parque generador nacional, la construcción de nuevos proyectos de expansión en el sistema eléctrico y la atención de nueva demanda en la zona de influencia del CENS, generando un valor agregado a la atención de promotores.

Para el año 2019 en CENS se contemplaba la conexión de generación con una capacidad de 125 MW que fue aprobada por la UPME y la revisión de doce (12) estudios de conexión, ahora para el año 2020 se aumentó dicha capacidad a un total de 369 MW, gracias a la revisión de treinta y dos (32) estudios de conexión. La mayor cantidad de dicha generación proviene de la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos, aprovechando de la mejor manera los recursos naturales y el gran potencial de radiación solar que tiene la zona de influencia de CENS, lo que fortalece el desarrollo y la sostenibilidad de la región. En la siguiente ilustración se presentan las regiones con los proyectos de generación de energía renovable de tipo solar e hídrica que cuentan con concepto aprobatorio de la UMPE contemplados en el año 2019 y 2020.

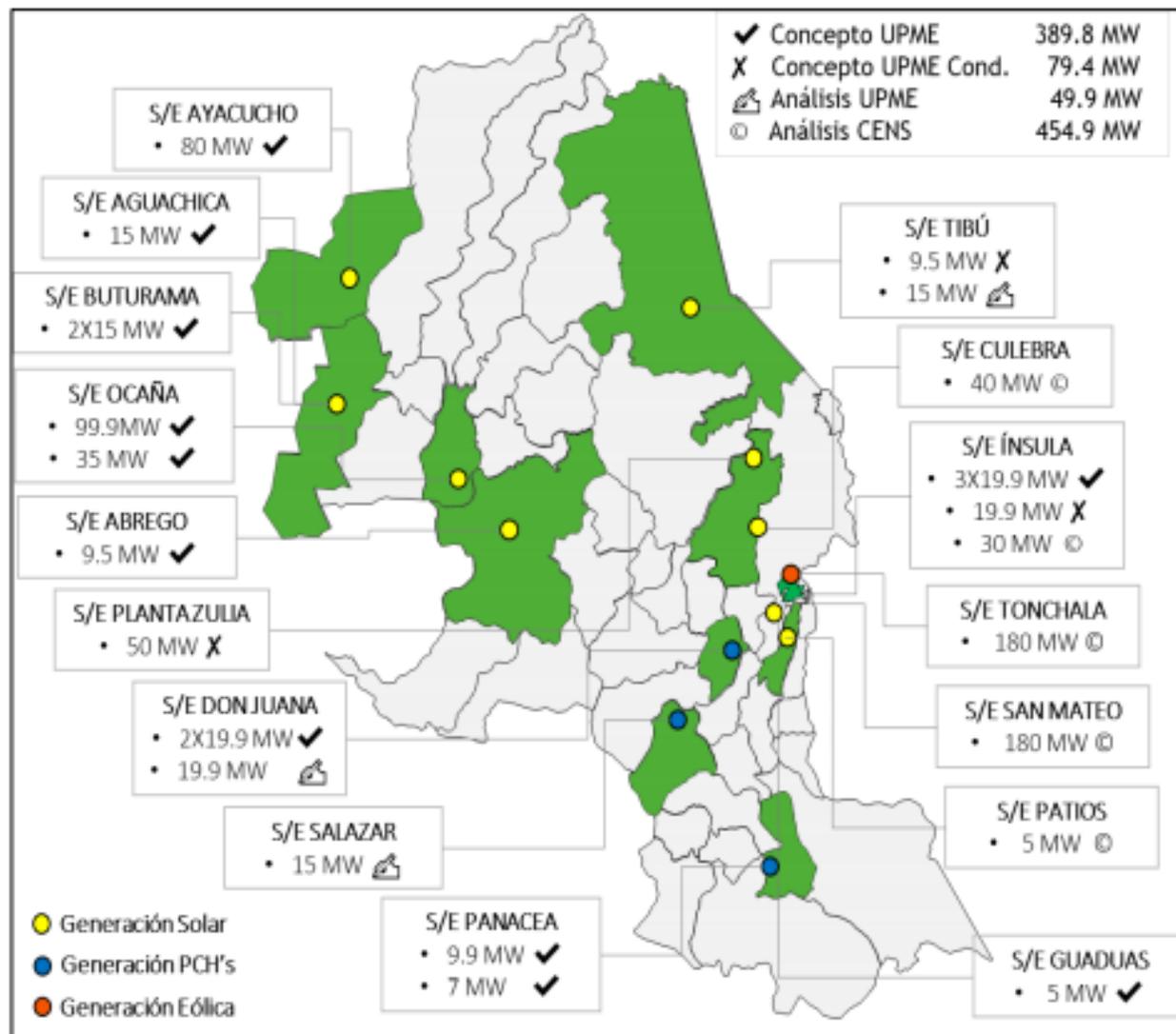
Ilustración 6 Zonas con proyectos con aprobación de la UMPE



Fuente: CENS, 2020

Por otra parte, CENS En el Informe de Ejecución del Plan de Inversión 2020, presentó las solicitudes de conexión de fuentes no convencionales de energías renovables recibidas en el año 2020, algunas son proyectadas en subestaciones que en el momento no han sido construidas, no obstante, estas han sido contempladas en los planes de inversión de mediano y largo plazo. De las 19 solicitudes de conexión presentadas, 13 son de tipo solar (Esp, 2020). A continuación, se presenta en la ilustración 7, las zonas donde fueron realizadas dichas solicitudes.

Ilustración 7 zonas con solicitud de proyectos de generación a 2020



Fuente: Informe de Ejecución Plan de Inversión, CENS 2020

A continuación, en la tabla 3 se relaciona la línea de tiempo de los proyectos de generación de energía solar fotovoltaica desarrollados en el departamento de norte de Santander, Colombia.

Tabla 3 *Proyectos de energía solar fotovoltaica en Norte de Santander*

Municipio	Entidad/Organización	Descripción	Año
Pamplonita	Granja Experimental Villa Marina	Por medio de las prácticas pedagógicas, el Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Pamplona, a través de sus estudiantes Elver Amesquita y Wilson Vargas en acompañamiento del docente Elkin Flórez Serrano, desarrollaron la primera etapa del Proyecto: “Implementación de energía solar y eólica para abastecer el consumo energético de las cabañas en la Granja Experimental Villa Marina”. Los elementos instalados dan cuenta de dos paneles solares y aerogeneradores que proporcionan energía eléctrica a 12, 24 y 48 voltios dirigidos hacia un inversor que transforma este voltaje a 110, y así permitir la utilización de recursos de uso doméstico y/o tecnológico. El proyecto tuvo una inversión inicial de aproximadamente 26 millones de pesos y se busca generar energía renovable por 20 años, tiempo que representa la vida útil de los aerogeneradores y paneles solares. (Universidad de Pamplona, 2014)	2014
Cúcuta	Fundación de Estudios Superiores Comfanorte, FESC	Implementación de módulos de energía solar fotovoltaica para alimentar módulos de carga para elementos como celulares, Tablet, reproductores música, entre otros, por medio de puertos USB. (Sánchez K., Hernández A., Salas O., 2021)	2015
Cúcuta	supermercado JM	Apostándole a la sostenibilidad ambiental el supermercado instaló un sistema de 30KW en paneles solares, sistema que les permitió un ahorro mensual en su factura de energía de 5 millones de pesos. La inversión del proyecto tuvo un costo de cerca de 200 millones de pesos. (La opinión, 2018)	2015
Ocaña	Sede principal cooperativa Crediservir	En apuesta al desarrollo sostenible la cooperativa instaló un sistema fotovoltaico de 18 paneles solares que permitieron la iluminación de las fachadas y oficinas de la cooperativa y que a su vez genera beneficios económicos y ambientales. Con esta instalación la entidad estima una reducción de 3.50 Toneladas de CO2 que dejará de emitir para 2018. (La Opinión, 2016)	2016
Cúcuta	Condominio centro Agrobancario	Primer edificio en funcionar con una planta de energía solar fotovoltaica, el edificio fue construido hace 48 años, cuenta con 11 pisos de los cuales 7 son utilizados por locales comerciales, oficinas y empresas. Para el sistema fotovoltaico se instalaron 34 paneles solares de 320 vatios que suplen las necesidades de energía eléctrica en áreas comunes como pasillos, parqueadero y oficina de administración y para los bienes comunes como el ascensor y las motobombas de agua potable. La inversión inicial para el proyecto fue de aproximadamente 90 millones de pesos y la instalación la realizó la empresa SEI Energy S.A.S, empresa	2017

		que presta servicio de ingeniería y consultoría en proyectos de generación de energía utilizando fuentes alternativas.	
Cúcuta	Edificio Luis Alberto Rangel Becerra. Sede CENS, empresa filial del Grupo EPM – Cúcuta	En miras de la innovación y proyección de nuevas alternativas de servicio a los usuarios, CENS instalo 156 paneles solares que alimentan el 80% de la carga de energía (casi 8.000 KW hora) que demandan las oficinas de la empresa. Durante el día se aprovecha la energía solar producida mientras que por la noche el edificio utiliza energía la eléctrica. La inversión del sistema contempló una inversión de aproximadamente 280 millones de pesos.	2017
Cúcuta	Universidad Francisco de Paula Santander	Con el fin de implementar estrategias para la conservación del medio ambiente motivando a la Comunidad Universitaria a aprovechar los recursos naturales utilizando fuentes alternativas, se instalaron dentro del campus universitario, tres puntos de carga con energía solar para celulares, dichos puntos están ubicados de la siguiente manera: Junto al auditorio Eustorgio Colmenares Baptista (capacidad para 4 celulares), en la plazoleta (8 celulares) y en el pasillo hacia Aulas Generales (2 celulares), todos de forma simultánea. Los sistemas cuentan con una batería para almacenar la energía y cuentan con dos días de autonomía, es decir que pueden funcionar 48 horas continuas sin la presencia del sol. (Universidad Francisco de Paula Santander, 2017)	2017
Ocaña	hospital Emiro Quintero Cañizares	Como aporte a la conservación de los recursos naturales, el hospital implementó para el servicio de urgencias un sistema de celdas solares que lo abastecerá con 15.000 W al día. El proyecto tuvo un costo de 170 millones de pesos. (diario La Opinión, 2017)	2017
Tibú	Escuela rural vereda caño indio	la empresa CENS instalo un proyecto solar de 300 KW hora/mes, energía que permite el funcionamiento de 1 nevera, 5 ventiladores, 7 computadores, 14 bombillos y 4 tomacorrientes, logrando de esta menara mejoras la calidad de educación de los estudiantes y las condiciones de trabajo de los profesores, quienes son los encargados de operar la planta fotovoltaica y para esto reciben contaste acompañamiento de ingenieros de la empresa. CENS grupo EPM, (2018)	2017
Los Patios	Plazoletas de San Pablo y San Juan Evangelista	Por la iniciativa de la administración municipal se instalaron dos kioscos de recarga que funcionan con energía solar, cada kiosco tiene un valor aproximado de 20 millones de pesos y la proyección que se tiene por parte de la administración es la instalación de estos puntos de carga en los diferentes parques del municipio. (diario La Opinión, 2017)	2017

Cúcuta, Los Patios, Salazar de Las Palmas, Arboledas, Silos, Villa Caro, Chinácota, Bochalema, Cucutilla y Lourdes	bibliotecas estacionarias de la Gobernación	La Gobernación de norte de Santander realizó la entrega de bibliotecas públicas estacionarias a 10 municipio del departamento, con el fin de avivar el interés de los niños, jóvenes y adultos. Las bibliotecas se instalaron en espacios no convencionales como parques, calles peatonales centros poblados y cada biblioteca cuenta con un panel solar que permite la conexión y autosostenibilidad de la estación. (Gobernación de Norte de Santander, 2017)	2017
Toledo	Institución Etnoeducativa U'wa Izketa	más de 350 estudiantes de los colegios etnoeducativos que se encuentran entre las montañas de los parques naturales El Cocuy y El Tamá y sus comunidades recibieron un donativo de 110 computadores por parte de la Gobernación de Norte de Santander, para poder darles uso a los equipos, los padres, los docentes y la comunidad se congregó en buscar la manera de generar energía eléctrica, logrando concretar un proyecto desarrollado a través del programa Colombia Transforma de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (Usaid) y La Asociación de Autoridades Tradicionales y Cabildos (AsoU'wa), donde lograron dotar de energía alternativa a las 13 sedes educativas con la instalación de paneles solares en cada una de ellas. La sede principal tiene habilitada una conexión que soporta seis bombillos led y cinco computadoras portátiles encendidos durante 24 horas mientras no haya luminosidad solar. (diario La Opinión, 2019)	2018
Gramalote	subestación eléctrica de Gramalote	La subestación eléctrica de Gramalote suministra energía al municipio de Gramalote, a las poblaciones de Villa Caro y Lourdes beneficiando a cerca de 9.000 habitantes de la región. CENS del grupo EMP invirtió cerca de \$6.200 millones en la construcción de esta subestación de 6MW de potencia y las redes eléctricas urbanas y rurales de Gramalote. Esta subestación cuenta con paneles solares, para los servicios auxiliares requeridos por el sistema. (Fondo Adaptación, 2018)	2018
Pamplona	Universidad de Pamplona	En apuesta a la consolidación de espacios de concepto verde que mejoren la vida académica en el campus, la Universidad de Pamplona mediante la utilización de energías renovables, realiza la instalación de paneles solares en el edificio de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Este proyecto tuvo un costo de \$72.000.000, fue liderado por la Dirección de Interacción Social y la oficina de Planeación, la cual busca que el campus universitario sea pionero a nivel local y regional en el uso eficiente de este tipo de energía solar mediante la instalación de paneles los cuales para esta primera fase tienen una capacidad de producir 12KW, y con el que se espera la reducción anual de	2018

		aproximadamente 4,1 toneladas de emisiones de CO ₂ . (Universidad de Pamplona, 2018)	
Ábrego	Hogar Santa María de La Esperanza	El hogar de los abuelos logró reducir a la mitad el costo mensual de la energía eléctrica, gracias a la implementación de 6 paneles solares de 340 vatios que fueron donados por la cooperativa Crediservir en conjunto con la empresa de energía solar Solenium. El proyecto funciona como un sistema interconectado por lo que no requiere de baterías para el almacenamiento de la energía, disminuyendo así los costos de inversión y de mantenimiento del sistema fotovoltaico. Además, es el primer proyecto residencial en Norte de Santander, en ser formalizado para vender energía. (Confecoop Oriente, 2019)	2019
Pamplona	Universidad de Pamplona	Esta casa de estudios cuenta con una planta de 10 kw para la generación de energía solar fotovoltaica y avanza en la implementación de una de 40 kw/hora en el edificio de la Facultad de Ciencias Básicas. (Universidad de Pamplona, 2019)	2019
Sardinata	escuela principal de la Vereda San Miguel	La Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC En conjunto con Colciencias y la empresa Bulk Trading Sur América LTDA., en representación del sector productivo, y con apoyo del ministerio de minas, FESC viene desarrollando un proyecto de energía solar que permita la mejora del ambiente académico en la escuela. Al mes de abril del presente año el proyecto tiene un avance del 80%, con 9 paneles solares instalados que generan 3.800 W y permite el funcionamiento de varios equipos tecnológicos. Esta idea surgió desde el 2018 y fue adjudicada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) en el 2019 para su ejecución. A su vez, el Ministerio de Minas y Energía se unió adjudicando parte de los recursos para poderlo poner en marcha. Son alrededor de 124 millones de pesos invertidos con aportes que también ha dado la empresa minera Bulk Trading Sur América LTDA aliados en el propósito. (FESC, 2021) (FESC, 2021)	2019
Tibú	Comunidad Indígena Motilón Barí- Ichirindakayra	En un trabajo articulado entre la Agencia de Renovación del Territorio y el Ejército Nacional a través de la Fuerza de Tarea Vulcano, se logró la entrega de dos proyectos para la Comunidad Indígena Motilón Barí - Ichirindakayra, uno de ellos es la entrega de paneles solares con el que se garantizó la energía continua en el sector y el otro fue de sistema de abastecimiento de agua potable para esta población. (Monticchello, 2019)	2019

Ocaña	Cámara de Comercio	La entidad instaló 68 paneles solares, en un sistema interconectado a la red de energía de la empresa CENS y se espera que tenga 20 años de vida útil, con esta alternativa ambiental la entidad ha dejado de generar diariamente desde su instalación 90 kilogramos de CO2. Además, es primera entidad cameral del país que realiza la migración total a este sistema de energía solar. (cámara de comercio Ocaña)	2020
Cúcuta	Universidad Simón Bolívar	En el campus universitario se instalaron Ecocargadores que funcionan por medio de paneles solares y tienen forma y nombre de árboles típicos de Norte de Santander: el samán, el cañahuate y la ixora. Son novedosos prototipos ideados por el ingeniero electrónico y cucuteño Iván Franco. Cada Ecocargador tiene 12 salidas de 5 voltios de energía para cargador normal o cable de datos USB y 6 salidas de energía de 110 voltios rectificadas, para cargadores de computadores portátiles o tabletas. Además, está dotado de dos pantallas digitales con contenido publicitario y cuatro superficies en forma de sillas para que la experiencia de los usuarios sea lo más cómoda posible. (Universidad Simón Bolívar, 2020)	2020
Tibú	veredas Bocas del Castillo, El Silencio, Cuatro Ranchos y Barrancas	85 niños de 4 sedes educativas y 110 familias del corregimiento de la Gabarra en el municipio de Tibú, gozan por primera del servicio de energía con paneles solares, resultado del proceso de articulación en el marco de la implementación de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial, PDET, entre la Agencia de Renovación del Territorio, la Alcaldía Municipal de Tibú y Colombia transforma, beneficiando a los docentes, alumnos y a los campesinos de la zona. (Agencia de Renovación del Territorio, 2021)	2021

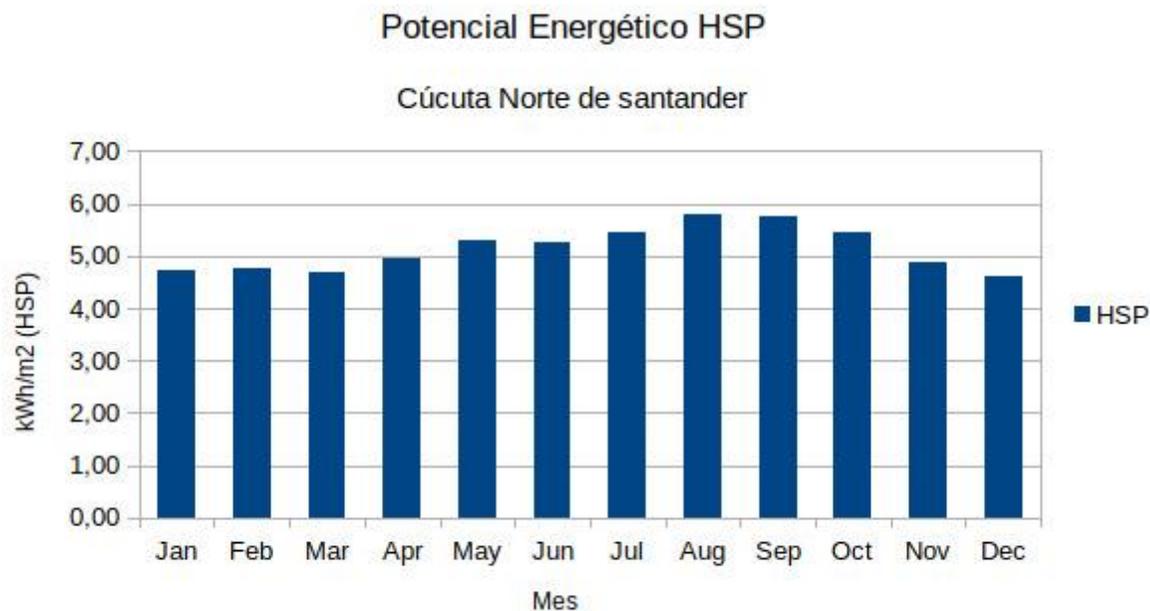
Teniendo en cuenta la línea de tiempo anterior, se determina que los municipios con mayor concentración de proyectos implementados de energía solar fotovoltaica de norte de Santander son Cúcuta y Tibú, para quienes se calculó un potencial energético estimado tomando como unidad de medida las horas de sol pico HSP (*Las horas solar pico es un valor equivalente de cálculo, que proporcionan cuántas horas de sol aprovechable por unidad de potencia pico instalada en panel se tiene*), tomando como referencia los valores históricos de radiación solar

horizontal comprendidos en los años 2005 y 2015 de la base de datos PVGIS_NRSDB ("PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION - European Commission", 2019). De los cuales se obtuvieron las siguientes tablas.

Tabla 4 Radicación solar promedio, Cúcuta 2005-2015

Promedio interanual de radiación solar en Cúcuta Norte de Santander(kWh/m ²)													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Pro. mensual (HSP)	
Jan	126,51	134,35	148,95	139	134	183,73	155,75	123,39	146,22	166,01	156,3	146,75	4,73
Feb	106,32	140,49	167,13	130,98	111,78	152,32	118,03	133,77	126,98	142,85	145,53	134,20	4,75
Mar	177,06	133,1	154,54	155,25	98,66	157,53	111,52	131,43	156,18	167,85	150,71	144,89	4,67
Apr	146,65	128,99	160,87	151,08	138	150,25	143,08	156,29	160,61	161,4	138,64	148,71	4,96
May	170,22	170,88	159,02	158,54	155,56	165,87	157,45	166,3	164,51	161	170,83	163,65	5,28
Jun	165,64	160,68	145,04	161,52	154,92	164,96	160,35	172,76	158,01	143,22	147,72	157,71	5,26
Jul	180,55	161,19	165,66	165,04	152,7	167,52	171,21	174,74	184,43	166,09	166,76	168,72	5,44
Aug	168,8	186,52	161,56	173,94	183,8	184,39	184,36	184,56	186,38	180,11	183,44	179,81	5,80
Sep	169,76	181,32	177,13	183	176,67	168,98	177,4	115,65	179,5	176,54	195,35	172,85	5,76
Oct	170	167,1	173,39	175,23	168,79	170,25	152,22	175,01	172,31	159,2	176,99	169,14	5,46
Nov	139,05	152,81	146,81	141,52	161,92	142,27	144,61	150,08	142,53	142,17	139,8	145,78	4,86
Dec	140,47	144,13	133,06	128,88	150,75	132,22	133,46	148,92	144,57	145,17	164,66	142,39	4,59

Ilustración 8 Potencial Energético Estimado Horas Solar Pico, Cúcuta



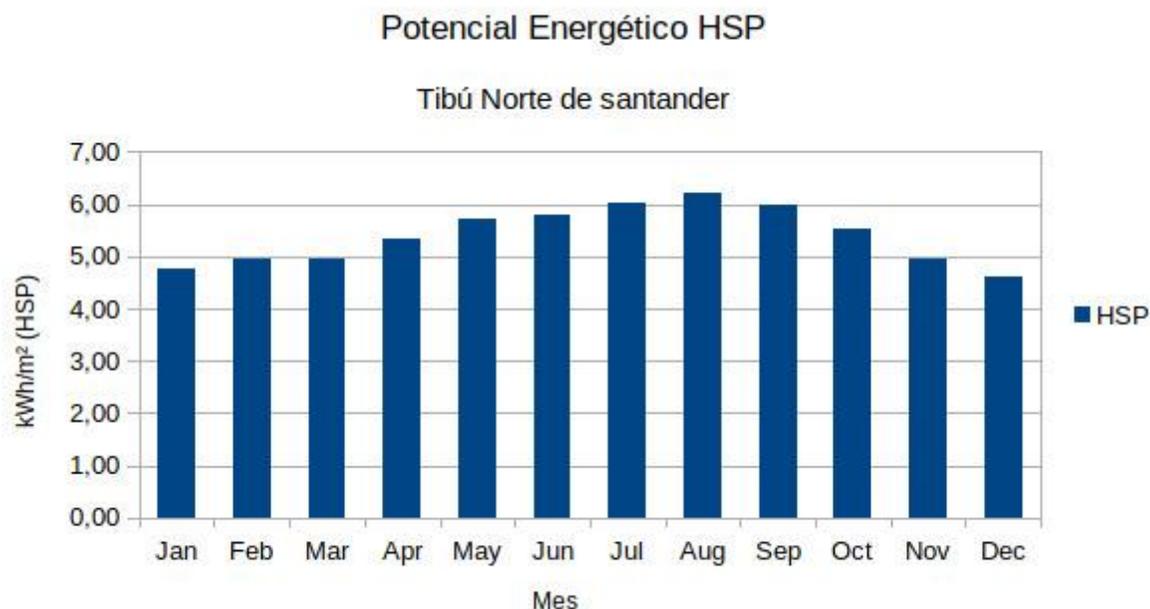
En la ilustración 8 se observa que para el municipio de Cúcuta el mes que presenta mayor horas solar pico es agosto con 5.80 kwh/m², seguido del mes de septiembre.

Los valores de HSP para cada uno de los meses se obtuvieron del valor promedio interanual de radiación solar, dividido en el número de días de cada mes.

Tabla 5 Horas Solar Pico, Tibú 2005-2015

Promedio interanual de radiación solar en Tibu Norte de Santander kWh/m ²													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Pro. mensual	(HSP)
Jan	134,43	136,35	144,51	141,51	135,09	178,34	149,75	131,61	155,36	166,81	153,38	147,92	4,77
Feb	106,14	141,84	170,84	137,58	120,34	153,6	130,57	152,93	135,21	136,52	153,89	139,95	4,95
Mar	186,96	133,41	164,69	163,61	109,14	165,11	126,6	144,55	153,62	181,45	159,13	153,48	4,95
Apr	161,35	145,58	161,82	162,47	153,33	157,33	150,8	157,91	164,56	178,01	161,05	159,47	5,32
May	177,23	181,39	174,29	171,26	173,37	178,49	167,08	188,62	174,68	174,71	184,14	176,84	5,70
Jun	175,62	171,97	175,46	163,16	170,63	176,65	174,07	182,43	177,92	173,99	173,56	174,13	5,80
Jul	192,62	178,03	184,72	181	178,49	178,51	186,96	189,93	189,95	200,87	191,64	186,61	6,02
Aug	186,9	193,22	177,4	189,18	187,41	194,24	194,01	196,66	194,35	199,44	202,44	192,30	6,20
Sep	176,81	184,31	179,47	184,51	190,64	175,37	184,55	122,42	185,05	191,62	196,97	179,25	5,97
Oct	174,4	167,15	173,76	180,47	160,94	173,22	158,76	175,89	178,3	169,46	174,64	171,54	5,53
Nov	147	149,78	151,34	135,67	154,55	143,73	146,47	150,98	151,97	156,23	146,56	148,57	4,95
Dec	148,91	143,15	132,84	126,56	149,74	130,79	128,4	158,19	150,54	142,7	162,39	143,11	4,62

Ilustración 9 Potencial Energético Estimado Horas Solar Pico, Tibú



Proyecciones de crecimiento de generación de energía solar fotovoltaica en Norte de Santander

A continuación, se relacionan algunos proyectos solares fotovoltaicos que se encuentran a la espera de su ejecución en el departamento de Norte de Santander.

En el municipio de Ábrego se llevará a cabo durante el año 2021 y 2022 la creación de un parque solar llamado Los Girasoles, con el que se generará una potencia de 9,5 MW y abastecerá de energía a la Subestación eléctrica de CENS en el Municipio. El proyecto ira de la mano con la alcaldía y los planes de desarrollo de Ábrego, se conectará al Sistema Interconectado Nacional y abarcará una extensión de 24.8 hectáreas. (Alcaldía de Ábrego, 2021)

La Empresa CENS grupo EPM, tiene a cargo la ejecución de 7 proyectos para la instalación de paneles solares en el departamento. Las obras hacen parte de la iniciativa Catatumbo Sostenible, liderada por la consejería nacional y financiadas con recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas FAZNI, con el que se garantizarán para el año 2022 el acceso al servicio de energía eléctrica a la zona rural del Catatumbo a 282 familias distribuidas de la siguiente manera: 133 familias en Tibú, 60 en El Carmen, 33 en El Tarra, 26 en Sardinata, 19 en Ábrego, 6 en Convención y 5 en Teorama. La inversión para estos proyectos será de \$5.109 millones de pesos y de esta manera se busca impulsar el desarrollo social, económico y productivo en el departamento. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

El Gobernador Silvano Serrano aseguró que “Con el Gobierno Nacional venimos gestionando varias iniciativas que permitirán conectar a la red nacional a 2.296 familias adicionales y llevar paneles solares a 951 hogares del departamento, con una inversión que supera los \$52.000 millones de pesos. Esperamos presentar estos proyectos próximamente al OCAD Paz”.

Por otra parte, la gobernación de norte de Santander en su plan de desarrollo 2020-2023, contempla programas para la mitigación y adaptación al cambio climático, uno de ellos es el programa 4,4,1 Innovando para un territorio ambientalmente sostenible, con programas de incentivos para la generación y uso de Energías Renovables en el departamento, además de programas para la reconversión energética en dependencias de la Gobernación. Se espera para el año 2023 lograr la meta de 23 Medidas implementadas del plan integral de cambio climático departamento de norte de Santander – PICCDNS, de las cuales se cuentan con 3 en la línea base, además también se espera que para el mismo año sean 3 los sectores productivos con uso de

energías alternativas, de igual manera el Índice de cubrimiento de energías alternativas, y 23 el Índice de planes de acción sectorial de mitigación y adaptación.

También se contempla en el plan de acción 2021 secretaria de Minas y Energía, el programa 6,5,2 Apoyo y gestión para mejorar la productividad del sector minero energético, la adopción de nuevas fuentes de energía, donde la meta es la formulación y ejecución de proyectos con utilización de energías alternas y/o renovables.

Análisis De La Tasa De Usabilidad De La Energía Solar Fotovoltaica En Los Sectores Industrial Y Residencial

Con base a la información consultada de los proyectos de energía solar fotovoltaica implementados en el departamento y a los datos de potencia generada presentada en los diferentes reportes, se obtiene a continuación la tabla 6, la cual nos presenta la potencia generada en el departamento.

Tabla 6 Total potencia generada por sistemas fotovoltaicos en Norte de Santander, con base a la información recopilada

Municipio	Potencia generada por sector (KWh)			Total Potencia Generada (KWh)
	Industrial	Residencial	Otro	
Pamplonita		0,2		0,2
Cúcuta	8030	10,88		8040,88
Ocaña			2,97	2,97
Tibú			300	300
Pamplona			62	62
Ábrego		2,04		2,04
Sardinata			3,8	3,8
Total	8030	13,12	368,77	8411,89
%	95,46	0,15	4,38	100

Una vez realizada la revisión bibliográfica se identificaron una totalidad de 21 proyectos en el departamento en donde se instalaron sistemas solares fotovoltaicos a pequeña y mediana escala. En la tabla 7 se verifica la potencia en kilovatio/hora generada por municipio, de algunas de estas instalaciones, cabe mencionar que no todas las empresas, organizaciones o personas que implementaron e implementan estos sistemas presentan reporte a las entidades estatales encargadas del sector energético como el MinMinas y la UPME de cuanta es la potencia que generan, esto debido a que no se cuenta con una ley que obligue a realizar dicho reporte.

Se presenta que para el sector residencial la potencia generada es de 368,77 KWh, lo que representa un 0,15% del total de la energía solar fotovoltaica generada en el departamento, donde los municipios de mayor generación son Cúcuta y Tibú con 8040,88 KWh y 300KWh respectivamente, mientras que en el sector industrial la potencia solar fotovoltaica generada es de 8030 KWh , representando un 95,46% del total generado y el 4,38% restante se le atribuye a otros sectores como el institucional, siendo las instituciones universitarias del departamento como la Universidad de Pamplona, Universidad Simón Bolívar, la Fundación de Estudios Superiores Comfanorte FESC y la Universidad Francisco de Paula Santander, pioneras en el uso de estas fuentes alternativas de energía, seguido de las empresas, quienes apuestan en la inversión inicial de estos proyectos por la reducción en los gastos en la factura energética que tiene a mediano plazo.

A pesar de que se registran los proyectos ejecutados en la actualidad en el departamento, los cuales se focalizan en Cúcuta y Tibú, las bases de datos de las entidades tales como: Ministerio de Minas y Energía, Gobernación de Norte de Santander, Páginas web de las entidades que desarrollan los proyectos, revistas y periódicos regionales, no existe un registro riguroso de las características técnicas de estos , lo cual dificulta en gran manera un análisis real de la producción energética de origen fotovoltaico. Además, de acuerdo a las proyecciones a corto plazo, y de los datos de generación por carbón en Termotasajero (2.109.929.174 KWh en el año 2020), podemos decir, que el volumen de producción de origen renovable, se encuentra muy por debajo de las metas gubernamentales en este aspecto.

Conclusiones

Colombia es catalogado como uno de los países con menor número de emisiones de CO₂ en la producción de energía eléctrica, esto se debe a que la principal fuente de producción de energía es la hidráulica, la cual aporta alrededor del 68,3 %, seguido de la térmica con un 30.7%; la eólica con una contribución del 0.1 y solar con tan solo un 0.1 %. Esta última ha tenido un crecimiento paulatino desde el año 2000, en donde se comienzan implementar proyectos de energía solar a nivel nacional y tan solo desde el año 2016 se da un crecimiento significativo tanto a nivel nacional como en el departamento. Se puede atribuir este progreso del uso de energías renovables como la solar fotovoltaica, a los cambios normativos en el país, también debido a que el gobierno creó incentivos como la excepción del IVA en los equipos utilizados para la generación de este tipo de energía. Otro aspecto que ha impulsado el uso de la energía solar es la responsabilidad ambiental que han tomado algunas empresas y sectores económicos quienes contribuyen con la mitigación del cambio climático, dando cumplimiento a los objetivos de Desarrollo Sostenible.

Aunque el departamento de norte de Santander tiene condiciones geográficas y de radiación ideales para la producir energía solar fotovoltaica, la generación de este tipo de energía es muy baja en comparación con la demanda energética del departamento, la cual es suplida por centrales termoeléctricas a base de carbón, por ser este, un recurso abundante en la región y además de bajo costo. Sin embargo, existen proyecciones por parte del gobierno departamental en su plan de desarrollo y algunos sectores empresariales, de proyectos que se encuentran en etapa de construcción.

Los sistemas solares aislados han sido una solución a la problemática de la falta de energía eléctrica en zonas rurales, viviendas, comunidades, escuelas donde no hay cubrimiento por parte de las empresas prestadora del servicio eléctrico en el departamento, también estos proyectos han sido implementados en proyectos gubernamentales como bibliotecas móviles y en sectores agro industriales.

Bibliografía

ACCIONA. (2021). *PLANTA FOTOVOLTAICA EL ROMERO SOLAR*. www.accion.cl.
<https://www.accion.cl/proyectos/planta-fotovoltaica-romero-solar/>

Agencia de Renovación del Territorio. (2021, mayo 28). Con los PDET, 85 niños y niñas de cuatro veredas de Tibú tienen por primera vez energía en sus escuelas.
[renovacionterritorio.gov.co.https://www.renovacionterritorio.gov.co/Publicaciones/con_los_pdet_85_nios_y_nias_de_cuatro_veredas_de_tib_tienen_por_primera_vez_energa_en_sus_escuelas](https://www.renovacionterritorio.gov.co/Publicaciones/con_los_pdet_85_nios_y_nias_de_cuatro_veredas_de_tib_tienen_por_primera_vez_energa_en_sus_escuelas)

Alcaldía de Ábrego 2020-2023. (20 de mayo 2021). Energía solar. Facebook.
<https://www.facebook.com/watch/?v=506746320678460>

Baos, M. (2017, 10 02). Granja solar en Yumbo cumple un mes brindando la energía del futuro. www.eltiempo.com. <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/granja-solar-de-celsia-en-yumbo-con-paneles-solares-136682>

Beltrán, A., Morera, M., & López, F. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *Ciencia UAT*, (2).
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4419/441949672008/html/index.html#B24>

Blanco, N. (2017, 10 02). *Enel Green Power inaugura 2 proyectos solares en Brasil*. *Energia16*.
<https://www.cambio16.com/enel-green-power-proyectos-solares-brasil/>

Cámara de Comercio Ocaña. (2021). *CAMARA DE COMERCIO DE OCAÑA LE APUESTA A ENERGIA SOLAR*. camaraocana.com. <https://camaraocana.com/275/>

Catalina, P. (2020, marzo 18). *Comienza la construcción del parque fotovoltaico más grande de Alemania*. energetica21.com. consultado el mayo 28, 2021, de <https://energetica21.com/noticia/comienza-la-construccion-del-parque-fotovoltaico-mas-grande-de->

alemania#:~:text=principal%20%E2%80%BA%20Noticias%20%E2%80%BA%20Solar-
 ,Comienza%20la%20construcci%C3%B3n%20del%20parque%20fotovoltaico%20m%C3%A1s%20grand
 e%20de%

CENS instalo paneles solares en Caño indio y Chiquinquirá(Tibú)[video].Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=VpcK22ZMnmE>

CENS. (2020). Informe de Sostenibilidad 2020 (pp. 263,264). Tomado de
[https://www.cens.com.co/Portals/0/informe_disponibilidad/Informe_de_Sostenibilidad_CENS_2020.pdf?
 ver=2021-04-20-102046-333](https://www.cens.com.co/Portals/0/informe_disponibilidad/Informe_de_Sostenibilidad_CENS_2020.pdf?ver=2021-04-20-102046-333)

Chávez, J. C. (2020, 10 07). *La planta solar más grande del mundo está en China*. energiahoy.
<https://energiyahoy.com/2020/10/07/la-planta-solar-mas-grande-del-mundo-esta-en-china>

Cómo funciona un sistema HÍBRIDO – WEGA ENERGY. Wega-lighting.com. (2021).
<https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-hibrido/>

Componentes de una instalación solar fotovoltaica. Mheducation.es. (2021).
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

Coqui, L. (2020, 09 26). Jujuy. Cauchari: el parque solar más grande de América Latina comenzó a vender energía al país. *LA NACIÓN*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/jujuy-cauchari-parque-solar-mas-grande-america-nid2461924/>

CORPONOR. (2018). DOCUMENTOS DE PLANEACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y UN DESARROLLO BAJO EN CARBONO Y RESILIENTE AL CLIMA. [corponor.gov.co. https://corponor.gov.co/corponor/PICCDNS/PRODUCTO_N_3_3206001.pdf](https://corponor.gov.co/corponor/PICCDNS/PRODUCTO_N_3_3206001.pdf)

Cuidemos el planeta (2018). "Energías renovables". Disponible en:
<https://www.cuidemoselplaneta.org/2018/01/energias-renovables.html>

Curso de Energía Solar Fotovoltaica. Ujaen.es. (2021). Tomado de http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm

diario La Opinión. (2017). En Los Patios ya se pueden cargar los celulares con energía solar. Laopinion.com. tomado de <https://www.laopinion.com.co/region/en-los-patios-ya-se-pueden-cargar-los-celulares-con-energia-solar>

diario La Opinión. (2017). Servicio de urgencias del hospital de Ocaña se ilumina con el sol. Noticias de Norte de Santander, Colombia y el mundo. Tomado de <https://www.laopinion.com.co/ocana/servicio-de-urgencias-del-hospital-de-ocana-se-ilumina-con-el-sol>

El Tiempo. (2018, 11 26). Granja solar de Celsia en Bolívar ya inició operaciones. portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/granja-solar-de-celsia-en-bolivar-ya-inicio-operaciones-523794>

El Tiempo. (2020, 08 21). Grupo Ecopetrol tendrá nuevo mega parque solar en el Meta. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/empresas/el-nuevo-mega-parque-solar-que-ecopetrol-construira-en-el-meta-531760>

El Tiempo. (2021, 02 03). *En operación nueva planta solar en los Llanos*. portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/en-operacion-nueva-planta-solar-en-los-llanos-548790>

Enel Green Power. (2018, 06 05). *Bungala Solar One: EGP enciende el sol de Australia*. enelgreenpower.com. <https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articles/2018/06/bungala-solar-one-egp-enciende-el-sol-de-australia>

Enel Green Power. (2019, 04 08). *Enel Green Power inaugura El Paso Solar, la planta fotovoltaica más grande de Colombia*. Enel Green Power. <https://www.enelgreenpower.com/es/medios/news/2019/04/planta-fotovoltaica-el-paso-colombia-puesto-marcha>

Espejo Marin, C., & Aparicio Guerrero, A. (2020). La Producción de Electricidad con Energía Solar Fotovoltaica en España en el Siglo XXI. *Revista De Estudios Andaluces*, (39), 2-28. Tomada de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/100239/04_espejo-marin_aparicio-guerrero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FESC. (2021). Iluminamos el camino de estudiantes y sus familias en la Vereda San Miguel-Municipio de Sardinata. Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC tomado de <https://www.fesc.edu.co/portal/index.php/comunicados-prensa/1149-proyecto-con-paneles-solares-en-sardinata>

Flores, O. (2013). Con el viento a nuestro favor: energía eólica segura y viable [Archivo PDF]

Fondo Adaptación. (2018). Lista nueva subestación eléctrica de Gramalote que beneficia al occidente de Norte de Santander. [Fondoadaptacion.gov.co](http://fondoadaptacion.gov.co). <https://www.fondoadaptacion.gov.co/index.php/component/content/article/169-prensa/comunicados-de-prensa/comunicados-prensa-2018/383-comunicado-069-18.html?Itemid=101>

FUNIBER. (s.f). Introducción a las energías renovables. 9788490790823

Gensa. (2020). La Planta Solar más grande de las Zonas No interconectadas de Colombia entró en operación (pp. 1,2). <http://www.gensa.com.co/wp-content/uploads/2020/04/Bolet%C3%ADn-de-Prensa-008.pdf>

Gobernación de Norte de Santander. (2017). A 10 municipios llegarán las bibliotecas estacionarias de la Gobernación. <http://www.nortedesantander.gov.co/Noticias-Gobernaci%C3%B3n-Norte-de-Santander/ArticleID/10393/A-10-municipios-llegar%C3%A1n-las-bibliotecas-estacionarias-de-la-Gobernaci%C3%B3n>

Gonzáles, J. (2009). *Energías Renovables* (12th ed., pp. 4-45).

GONZÁLEZ ARIAS, A. Conceptos sobre Energía (pp. 2-7). Universidad de La Habana, Cuba.

González, X. (2019). Ecopetrol inauguró su parque solar en Castilla la Nueva, departamento del Meta. Diario La República. Retrieved from <https://www.larepublica.co/economia/ecopetrol-inaugura-hoy-su-parque-solar-en-castilla-la-nueva-departamento-del-meta-2922434>.

IBERDROLA. (2020, 06 04). *Núñez de Balboa, operativo: Iberdrola pone en marcha la mayor planta fotovoltaica de Europa*. iberdrola.com. tomado de <https://www.iberdrola.com/press-room/news/detail/nunez-balboa-operational-iberdrola-commissions-europe-s-largest-photovoltaic-plant>

IBERDROLA. (2021). PLANTAS FOTOVOLTAICAS DE SANTIAGO Y HERMOSILLO. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/conocenos/lineas-negocio/proyectos-emblematicos/plantas-energia-solar-fotovoltaica-mexico>

IICA. (2014). Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales [libro electrónico] (p. 17). Orlando Vega. Retrieved 2 June 2021, from <http://repiica.iica.int/B3661e/B3661e.pdf>

Ingfecol Ltda. (2015). Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia [libro electrónico] (1st ed., pp. 2-24). Tomado de https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p1-24.pdf

La Opinión. (2016). En Ocaña le apuestan al uso de energía solar. laopinion.com. tomado de <https://www.laopinion.com.co/ocana/en-ocana-le-apuestan-al-uso-de-energia-solar>

La Opinión. (2018). *En Cúcuta se implementa la energía del futuro*. laopinion.com. tomado de <https://www.laopinion.com.co/economia/en-cucuta-se-implementa-la-energia-del-futuro>

La Opinión. (2019). Paneles solares llevan la luz al territorio educativo U'wa. www.laopinion.com.co. Recuperado el 19 June 2021, tomado de <https://www.laopinion.com.co/region/paneles-solares-llevan-la-luz-al-territorio-educativo-uwa>

Lewis, M. (2020, 10 21). *Australia albergará la última granja solar más grande del mundo*. electrek.co. <https://electrek.co/2020/10/21/australia-to-host-the-latest-worlds-largest-solar-farm/>

López, A. (2020). Comenzó a operar la primera planta solar en el Tolima. El Tiempo. <https://www.portafolio.co/economia/comenzo-a-operar-la-primera-planta-solar-en-el-tolima-547262>

López, A. (2021). En el embalse El Peñol, en Antioquia, parque solar flotante. El Tiempo. <https://www.portafolio.co/economia/en-el-embalse-el-penol-en-antioquia-parque-solar-flotante-549101>

López, J. (2020, 05 13). *Gemini Solar, la futura planta fotovoltaica más grande de Estados Unidos*. energynews. <https://www.energynews.es/gemini-solar-fotovoltaica-estados-unidos/>

Mekler, M. (2019, 07 02). *Planta solar en India llegaría a ser la más grande del mundo*. revistaconstruir. <https://revistaconstruir.com/planta-solar-india-llegaria-la-mas-grande-del-mundo/>

Ministerio de Minas y Energía. (2021). La Nueva Energía llega a Norte de Santander Más de 3.800 familias tendrán luz por primera vez en sus hogares. Bogotá D.C. tomado de <https://www.minenergia.gov.co/historico-de-noticias?idNoticia=24216891>

Monticchello, E. (2019, diciembre 22). Resguardo del Catatumbo estrenó proyectos de agua y energía solar - El Colombiano. noticiaminera.com. <https://www.noticiaminera.com/energia/resguardo-del-catatumbo-estreno-proyectos-de-agua-y-energia-solar-el-colombiano.html>

National Geographic. (2018). *NACAOME-VALLE, LA PLANTA SOLAR QUE ILUMINA HONDURAS*. ngenespañol.com. <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/planta-solar-mas-grande-de-america-latina/amp/>

Naturgy. (2019, febrero 13). *Naturgy inaugura la mayor planta solar fotovoltaica de Toledo*. Naturgy.com. consultado en mayo 28, 2021, de

https://www.naturgy.com/sala_de_prensa/notas_de_prensa/naturgy_inaugura_la_mayor_planta_solar_foto_voltaica_de_toledo

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION - European Commission.

Re.jrc.ec.europa.eu. (2019). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

Planta Solar Cuestecitas, La Guajira de 600MW - Colombia Solar. Colombiasolarci.com.co. (2020). Tomado de <https://www.colombiasolarci.com.co/proyectos-solares/planta-solar-cuestecitas-la-guajira-600mw/>

Qué es la biomasa - APPA Renovables. APPA Renovables. (2021). Tomado de <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>

Raffino, M. (2020). Energía Geotérmica. Concepto.de. tomado de <https://concepto.de/energia-geotermica/>

Romero, G. (2019, 10 17). *Planta De Energía Solar Más Grande De Israel Comenzará Sus Operaciones*. estrategia-sustentable. <https://www.estrategia-sustentable.com.mx/2019/10/17/planta-de-energia-solar-mas-grande-de-israel-comenzara-sus-operaciones/>

Sánchez K., Hernández A., Salas O. (2015, septiembre 01). MODULOS DE ENERGIA SOLAR COMO ESTRATEGIA AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE Y PRESTADORES DE SERVICIO DE CARGA PARA DISPOSITIVOS ELECTRONICOS POR PUERTO USB. *NODO NORTE DE SANTANDER*, (2015), 32.
http://www.iser.edu.co/iser/hermesoft/portaIG/home_1/recursos/documentos_generales/2016/12022016/revista_redcolsi_vol_1_2015.pdf

Sánchez, P. (2020, 05 05). Sucre, en Colombia, tendrá una planta fotovoltaica con paneles bifaciales de 26 MW. magazine. <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/05/05/sucre-en-colombia-tendra-una-planta-fotovoltaica-con-paneles-bifaciales-de-26-mw/>

Sánchez, P. (2020, 11 13). A consulta pública en Colombia la declaración de utilidad pública de un proyecto solar de 300 MW. pv magazine. <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/11/13/a-consulta-publica-en-colombia-la-declaracion-de-utilidad-publica-de-un-proyecto-solar-de-300-mw-el-ministerio-de-minas-y-energia-de-colombia-aprobo-proyecto-de-resolucion-por-el-que-se-declara-de-uti/>

Termotasajero SA ESP. Termotasajero.com.co. (2021). Tomado de <https://termotasajero.com.co/ambiental/>

Universidad de Pamplona. (2014). El uso de energía renovable, un compromiso de la Unipamplona con el medio ambiente. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/noticias_2014/enero/24012014/p-aneles_solares_villamarina.jsp

Universidad de Pamplona. (2018). La Unipamplona pionera en el desarrollo de un campus dinámico y más verde http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/noticias_2018/noviembre/28112018/campus_dinamico_verde.jsp

Universidad de Pamplona. (2019). La Unipamplona pionera en el desarrollo de un campus dinámico y más verde http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/noticias_2018/noviembre/28112018/campus_dinamico_verde.jsp

Universidad Francisco de Paula Santander. (2017, marzo 07). La UFPS les apuesta a las nuevas fuentes de energías renovables y sostenibles para la protección del medio ambiente. [ufps.edu.co. https://ww2.ufps.edu.co/unoticia/-la-ufps-les-apuesta-a-las-nuevas-fuentes-de-energias-renovables-](https://ww2.ufps.edu.co/unoticia/-la-ufps-les-apuesta-a-las-nuevas-fuentes-de-energias-renovables-)

UNIVERSIDAD LIBRE. (2020). INAUGURACIÓN PARQUE SOLAR MAJAVITA. [unilibre.edu.co. http://www.unilibre.edu.co/socorro/index.php/event-program/nuestra-universidad/noticias-home/290-inauguracion-parque-solar-majavita](http://www.unilibre.edu.co/socorro/index.php/event-program/nuestra-universidad/noticias-home/290-inauguracion-parque-solar-majavita)

Universidad Simón Bolívar. (2020). UN RETO PARA NORTE DE SANTANDER: AHORRAR ENERGÍAS NO RENOVABLES. Unisimon.edu.co. tomado de <https://unisimon.edu.co/cucuta/blog/un-reto-para-norte-de-santander-ahorrar-energias-no-renovables/1856>

Universidad Simón Bolívar. (2020, febrero 18). *ÁRBOLES ARTIFICIALES PROPORCIONAN ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNISIMÓN*. unisimon.edu.co.
<https://www.unisimon.edu.co/cucuta/blog/arboles-artificiales-proporcionan-energia-electrica-en-la-unisimon/1639>

Villate, J. (2009). LA ENERGÍA DEL MAR [Archivo PDF].
https://www.bizkaia21.eus/fitxategiak/09/bizkaia21/Territorio_Sostenible/dokumentuak/20100831170303078_primavera_2009_16.pdf?hash=3f45fde270c177f05498ba37a8827ba5