



**DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PLANTA DE ALIMENTOS
BALANCEADOS PARA ANIMALES**

MODALIDAD DE SEMINARIO

Edward Steve Cifuentes Mesa

1098693919

Diego Andrés Baez Díaz

1098789881

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo En Electricidad Industrial**

DIRECTOR

Alonso de Jesús Retamoso Llamas

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Tecnología en Electricidad Industrial

Bucaramanga

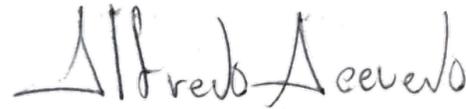
F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

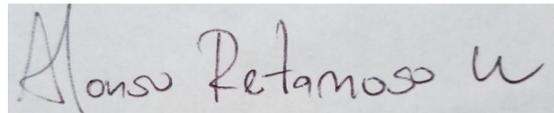
VERSIÓN: 1.0

Nota de Aceptación

APROBADO



Firma del Evaluador



Firma del director

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABLAS.....	5
RESUMEN EJECUTIVO.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. JUSTIFICACION.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	16
2. MARCO REFERENCIAL.....	18
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	26
5. RESULTADOS.....	39
6. CONCLUSIONES.....	40
7. RECOMENDACIONES.....	41
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadena productiva de la energía.....	19
<hr/>	
Figura 2. Punto de medición de variables de la instalación eléctrica CODESAN.....	26
Figura 3. Motorreductor de la planta.....	27
Figura 4. Motor de 1HP	27
Figura 5. placa de motor.....	28
Figura 6. Recibo de la energía planta CODESAN.....	29
Figura 7. Vista satelital de CODESAN.....	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dispositivos eléctricos presentes en la planta.....	28
Tabla 2. Localización geográfica de la empresa CODESAN.....	30
Tabla 3. Caracterización de los paneles solares.....	32
Tabla 4. Caída de tensión máxima tolerable.....	34
Tabla 5. Costos de los elementos necesarios en la instalación eléctrica de los paneles fotovoltaicos.....	37

RESUMEN EJECUTIVO

Con este trabajo se busca estudiar, diseñar e implementar un sistema solar fotovoltaico para una planta de producción de alimentos balanceados, para así proporcionar y facilitar las herramientas necesarias para la utilización de variables que intervienen en la generación de energía por medio de captación solar, generando de esta manera, una retroalimentación sobre sistemas renovables y un ahorro significativo en la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN (concentrados de Santander), pues se busca ahorrar hasta un 70% en el consumo de energía eléctrica, generando mayor utilidad y producción en dicha planta.

Se realizó un estudio detallado del consumo actual de energía eléctrica facturado por la ESSA, en el cual se registraron el precio del KWh, la cantidad de energía consumida y las horas solares pico para obtener el momento del día donde se obtiene la mayor radiación solar.

Según estos estudios, se determina el sistema solar fotovoltaico necesario para la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN, confirmando que el ahorro, la producción y el presupuesto, sean pertinentes para la empresa.

PALABRAS CLAVE. Sistema fotovoltaico, ahorro, planta de alimentos balanceados, producción.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos concentrados para animales en Colombia ha tenido un crecimiento significativo en la economía agropecuaria del país, pues abastece las necesidades de los diferentes cultivos de animales, entregando de esta manera, carnes garantizadas, ya que ofrece, mayor conversión en ganancia/precio para los productores, también mejores resultados en cuanto a sabor, proteína y calidad, pues el alimento balanceado ofrece dietas ricas en proteína, fibra, grasas, vitaminas y minerales, necesarias para cada especie.

(ANDI, 2020)

Además, la producción de alimentos balanceados, maneja un alto índice en compra de materia prima importada y nacional, lo que hace que la economía, se mueva de mayor manera, utilizando en dicha producción ingredientes importados como, torta de soya, maíz amarillo, frijol de soya, harina de carne, hemoglobina, vitaminas y minerales, siendo muy poca la materia prima obtenida en el país, pues los altos costos en producción y distribución de las mismas, hace que su obtención sea más compleja.

“Entre las materias primas energéticas, el maíz es el grano más accesible en nuestro país, aunque por diferentes circunstancias de precio, región geográfica y disponibilidad, se utilizan también sorgo, trigo, avena y cebada en diversas formulaciones. Estos cereales son ingredientes de importancia, ya que ocupan un porcentaje de inclusión elevado dentro de las dietas para cerdos, pollos, peces, mascotas entre otros; la característica principal es su alto valor energético, aportado principalmente por el almidón y la grasa, presentando diferencias respecto a su composición entre los diferentes cultivos. Algunos de ellos presentan limitaciones en su uso debido a la falta o baja presencia de enzimas digestivas en los animales que dificultan la ruptura de enlaces químicos para que se

liberen nutrientes, siendo aconsejable la utilización de enzimas exógenas (β -glucanasas, xilanasas, proteasas, fitasas) para un mejor aprovechamiento de los mismos.”

(Piquer, 2018)

En estos costos se encontró que el consumo de energía eléctrica en Colombia, es uno de los más altos en Latinoamérica, en muchos sectores del mercado afecta significativamente, pues ha aumentado el 11% desde el 2008, en comparación a los estados unidos, Colombia tiene un costo 78% más alto. En el sector agropecuario afecta de gran manera la producción, pues en el campo es más complejo la obtención de la energía eléctrica, por lo que se busca implementar de manera permanente el uso de energía renovable con paneles solares, por la generación de ahorros económicos importantes en el sector.

(Osinerming, 2015)

Para implementar un sistema de energía renovable es necesario hacer un estudio detallado en cuanto a producción, ahorro, implementos necesarios para dicho proyecto, área, uso de energía, costos e implementación. Evaluando así la viabilidad de los proyectos en empresas agropecuarias como la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN (Concentrados de Santander) buscando generar un ahorro en el costo de energía eléctrica.

(Semana, 2020)

Además, los sistemas fotovoltaicos con paneles solares generan beneficios dentro de las compañías, pues se caracterizan por obtener energía a partir de radiación solar y convertirla en energía eléctrica, con lo cual se logra mayor competitividad, ya que de cierta manera se van a generar más ganancias, también es amigable con el medio ambiente creando así empresas sustentables y comprometidas que motivan tanto a sus empleados como al sector, a cuidar de manera responsable al planeta.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

(Generacionverde, 2017)

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de Alimentos Balanceados está ubicada en el sector de producción agroindustrial encargado de convertir materias primas de origen agrícola, mineral y vegetal, en alimento para la producción de carne de peces, camarones, pollo, cerdo, huevo, leche, quesos y otros derivados; también se encarga de la producción de alimentos para especies como mascotas, conejos y equinos, entre otras.

“De acuerdo con Agrocadenas, la producción de alimentos balanceados para animales en Colombia se distribuye en seis grandes sectores, a saber: Aves con el 64.3%, porcinos con el 15.5%, y vacunos con el 11%. El porcentaje restante se distribuye entre la producción de alimentos para perros, gatos, peces, equinos, conejos y preparaciones especiales.”

(ANDI, 2011)

Este es uno de los sectores con mayores problemáticas en cuanto a producción y rentabilidad, pues la compra de materia prima, está asociada a los grandes importadores del sector, dejando por fuera a los pequeños productores de alimentos, lo que ocasiona que el valor del alimento se incremente cada vez que se compra materia prima en grandes cantidades. Otra problemática importante del sector, es el alto costo de la maquinaria y el consumo de energía eléctrica mensual, para lo que se busca implementar un sistema fotovoltaico con paneles solares, generando un ahorro significativo en la producción y rentabilidad del producto.

El consumo diario de energía eléctrica en una planta de alimento, crea una dependencia financiera, convirtiéndose así, en uno de los principales problemas en la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN, ubicada en la finca “Las Tres Potrillas”, en la vereda la Ceiba del municipio de Rionegro Santander con coordenadas 7°24'05.7"N 73°11'11.1"W.

La planta de alimentos CODESAN (Concentrados de Santander) tiene procesos de producción de alimentos balanceados para peces, mascotas, cerdos y aves. Sin embargo, la rentabilidad en la producción, se ve afectada por los altos costos de la energía eléctrica. Por ello surge la necesidad de implementar un sistema fotovoltaico con la finalidad de suplir parte de la demanda total de energía eléctrica actual; siendo de 2.621.78 kWh/mes con un valor de \$543.11 pesos por kWh la factura asciende a \$ 1,423,628 millón de pesos por mes.

“El uso de células solares fotovoltaicas, conocidas comúnmente como paneles solares PV, permiten obtener electricidad a un bajo costo comparado con fuentes de energía a partir de fuentes de combustibles fósiles. Los paneles solares se implementan en diferentes etapas dentro de las actividades agrícolas, por ejemplo: en el riego, la refrigeración de productos, la molienda de granos y/o la iluminación en la avicultura. Específicamente, en el campo colombiano se observa que el uso de los paneles solares ha facilitado la sistematización y la tecnificación de los procesos de la agricultura de manera rentable y sostenible.”

(Yepes, 2019)

La planta de producción de alimentos balanceados CODESAN está compuesta por la siguiente maquinaria, caldera, molino de martillo, elevador de cangilones, mezcladora, tolva de espera, dosificador, extrusora, secador de tambor giratorio, elevador de cangilones, banda secadora y tolva de enfriamiento las cuales están accionadas por 16 motores eléctricos desde $\frac{1}{4}$ HP hasta 25 HP. La carga

mencionada, genera un consumo de energía eléctrica que varía desde los 1640Kwh/mes hasta los 2280Kwh/mes dependiendo de la producción mensual de la planta.

“Los sistemas de bombeo solar son un mecanismo para controlar costos de energía en las empresas del sector agroindustrial a través de la autogeneración de energía para una mayor estabilidad y calidad. Surgen como respuesta a los requerimientos de las zonas rurales de Colombia donde no existe conexión a la red eléctrica o se dificulta la llegada de energía interconectada nacional.”

(Greenyellow, 2020)

“Durante el día es posible operar ese tipo de sistemas, regar, mover una bomba en las horas más productivas o pico solares del día de la zona donde se encuentre ubicado. Será posible entonces operar las bombas por sistema solar generalmente entre 7 am y 5 pm.”

(Greenyellow, 2020)

Puesto que, no se cuenta con la facilidad para reemplazar en su totalidad la energía eléctrica suministrada por la ESSA, se pretende evaluar técnica y financieramente, la instalación de un sistema FV para suplir parcialmente la carga demandada por la planta de producción de alimento balanceado CODESAN, y así mejorar los indicadores de desempeño y la rentabilidad de la producción de alimento.

“La energía solar fotovoltaica permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares”. “La generación de energía solar fotovoltaica se da gracias al conjunto de equipos conocidos en el mercado colombiano como el sistema solar fotovoltaico o instalaciones fotovoltaicas, los cuales pueden agruparse en tres grandes tipologías según los

componentes, la configuración y la forma de conexión a la red eléctrica: 1) sistema fotovoltaico autónomo, 2) sistemas híbridos o mixtos, y 3) sistemas conectados a la red”, “El tipo de sistema característico de Colombia es el sistema fotovoltaico autónomo, los cuales no tienen ninguna conexión con redes eléctricas de la red general o red pública” “y tiende a ser usada para electrificación rural, uso agrícola, ganadero o forestal, aplicaciones militares, o en la energización de equipos alejados de la red como comunicaciones, señalización y control.”

(Cantillo, 2019)

1.2 JUSTIFICACIÓN

La producción de alimentos balanceados en Colombia vende al año en promedio 9 millones de toneladas, esto genera una ganancia aproximada de \$ 26.000.000.000 anuales, de estas ganancias, se invierten \$ 450.775.000 en el pago de energía eléctrica. Si se implementa un sistema fotovoltaico, podría ahorrarse alrededor de un 60 o 70% en producción y costes de energía eléctrica.

(Bordon, 2016)

La planta de producción de alimentos balanceados CODESAN en los dos últimos meses vendió un total de 1.053 bultos, con los que se recibió un total de dinero de \$102.493.000, se invirtió en materia prima un total de \$63.429.692 y los costos fijos ascendieron a \$12.534.011, tales como: energía eléctrica \$ 2.662.108, empaque \$1.754.298, gas \$2.244.030, fletes \$2.190.240, mano de obra \$ 2.327.200, y mantenimiento \$1.356.135 con lo cual la utilidad bruta fue de \$ 26.529.297.

Se busca implementar un sistema fotovoltaico con paneles solares para reducir los costos en la energía eléctrica, consiguiendo un ahorro del 70%, el cual equivale a \$ 623.490 en promedio mensuales, generando un nuevo valor de kilovatio de \$162.93 Kwh/mes, el valor de la factura sería de \$ 267.210.

(Hector, 2005)

Según estudios realizados en la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN, se evidencia que el consumo de energía eléctrica afecta directamente el precio y la utilidad del producto, pues el valor de consumo neto por bulto es \$ 2.528, se busca ahorrar un 70% en dicho valor generando un nuevo precio de \$ 759 por bulto.

(Marulanda, 2016)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la implementación de un sistema de generación fotovoltaico con paneles solares integrados a la red de suministro dentro de la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Determinar la carga eléctrica generada por la planta de producción de alimentos balanceados CODESAN.
- ii. Seleccionar los elementos del sistema fotovoltaico apropiados para operar en paralelo con la instalación eléctrica actual de CODESAN.
- iii. Elaborar un análisis financiero para así determinar la viabilidad y rentabilidad de un sistema Fotovoltaico (FV).

1.4 ESTADO DEL ARTE

Con el paso del tiempo el consumo de energía eléctrica a nivel global, empresarial y familiar ha sido determinante, pues esta demanda genera un alto costo en dichos sectores, por lo que se han implementado algunos proyectos para el ahorro de esta como, energía por medio de petróleo, sistemas fotovoltaicos, sistemas de conexión a red y energía hidroeléctrica, entre otros. (William Andrés Barrera, 2018)

“La energía almacenada en la tierra en su totalidad, contando las reservas de carbón, petróleo y gas natural, corresponden con la energía de tan sólo 20 días de sol. Fuera de la atmósfera la energía del sol produce alrededor de 1300 W/m^2 , en desiertos, se reciben cerca de 6 KWh/día, en latitudes hacia el norte se acercan a los 3.6 KWh/día, sin embargo, la energía solar en la tierra varía según la zona y la temporada del año.” (Soraya navarro, 2011)

El problema energético causado por los combustibles fósiles, es de los principales generadores de enfermedades respiratorias y el desmejoramiento del medio ambiente, por lo que se busca implementar de manera permanente la opción de energía renovable, porque ofrece una alternativa de desarrollo social sostenible y amigable con el medio ambiente. Los sistemas fotovoltaicos a pesar de no ser rentables por ahora, se postulan como una opción viable a futuro, generando un ahorro y una mejora al no utilizar energía generada a partir los combustibles fósiles.

Los sistemas fotovoltaicos, en específico los de radiación solar, han sido muy estudiados pues parecen generar mayor rentabilidad, ya que se trabaja con energía renovable. En Bogotá se estudió la radiación en tres puntos determinantes, en un lapso de tiempo de un año, dando como resultado que el

mes con menor irradiación fue abril con un valor de 3283.4 Wh/m² día y el valor medio del año fue de 3987.3 Wh/m² día.

(Gomez, 2019)

Se estudio también que la carga en una universidad, u oficina generada por lámparas, televisores, computadores y ventiladores entre otros es cercana a los 6675W, con lo cual la energía eléctrica consumida en el día es de 38006Wh/día y en la noche es de 23956W.h/día. Los consumos energéticos mencionados con anterioridad, originan la energía consumida, lo que permite dimensionar de manera idónea, la instalación eléctrica para dicha universidad u oficina.

“Basándose en la investigación descriptiva se trató la información de radiación solar tomada por tres estaciones meteorológicas de diferentes puntos de Bogotá cercanos a la universidad libre, estos datos fueron obtenidos a partir del primero de julio de 2015 hasta el treinta de junio de 2016, todos los días y con intervalos de una hora. Con base en esta información se estableció que el mes con menor valor de irradiancia fue abril con un valor de 3283.4W.h/m²día y que el valor medio durante el año fue de 3987.3W.h/4W.h/m²día.” (Torres A. R., 2016)

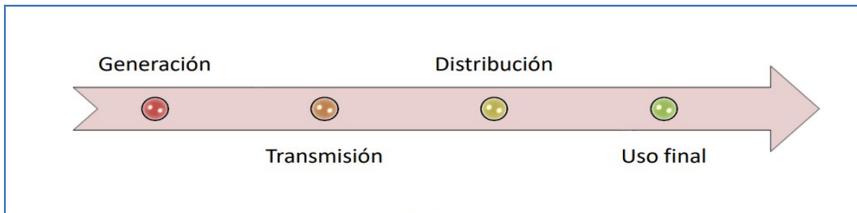
El uso de energía solar fotovoltaica en Colombia se enfoca en conseguir un avance significativo a gran escala y con esto implementar proyectos para el uso de la energía solar como sustituto de las energías convencionales en el país, evitando de esta manera inconvenientes de demanda eléctrica nacional, debido a que el país depende del uso combustibles fósiles y de energía hidroeléctrica. (Soraya navarro, 2011)

2. MARCO REFERENCIAL

La energía eléctrica es un recurso indispensable para la humanidad, cada día salen al mercado nuevos dispositivos eléctricos y electrónicos que aumentan la demanda de energía eléctrica en la población, aunado a la situación anterior, el aumento exponencial de la población promueve el uso y demanda de la electricidad. La energía eléctrica es un insumo fundamental para el desarrollo normal del sector residencial, educativo, gubernamental, empresarial e industrial. El problema no está en la demanda energética en sí, sino en las fuentes de abastecimiento de esta demanda, que son las fuentes de energía convencional.

La electricidad es un servicio de vital importancia, siendo una fuente versátil y transformadora en la calidad de vida de quienes se benefician de ella, sin embargo, es fundamental tener en cuenta el impacto socio-ambiental que genera su cadena productiva; es decir, desde su proceso de generación hasta su uso final. Dentro de los impactos negativos, se encuentra el cambio climático y el medio ambiente; provocando un aumento en la rigurosidad de los trámites para la construcción de proyectos de generación y transporte de electricidad. Por ello surge la necesidad de incursionar en los procesos de generación de electricidad, fuentes alternativas de energía. Con el fin de lograr un menor impacto ambiental y social. (Fedesarrollo, 2013)

Figura 1. Cadena productiva de la energía.



En el país, algunas empresas han decidido invertir en la generación de energía eléctrica a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos, tal es el caso de Bancolombia, que instaló 1.960 paneles con una proyección de generación de 1,1 millones de kWh/año; la alianza entre Bioversity International y el Ciat, instalaron 8.028 paneles con capacidad de generación de 3.273 kWh/año; en el año 2018, EPM instaló 1.568 paneles que tienen una capacidad de generación de 423 kWh; Ecopetrol invirtió en la creación de un mega parque solar en el Meta, el cual cuenta con 54.000 paneles distribuidos en 18 hectáreas de extensión (Republica, 2020)

Las fuentes de energía convencional, son aquellas que generan energía a partir de fuentes no renovables; es decir, aquellas que no pueden producirse o extraerse infinitamente de la naturaleza (Torres s., 2013), un ejemplo de ello; son los combustibles fósiles; siendo estos recursos naturales, que impiden su regeneración en un periodo de tiempo racional y por ello pueden extinguirse. (Fedesarrollo, 2013)

Son consideradas energías renovables todas las fuentes provenientes del sol, además de las provenientes de la tierra y las mareas. (Fedesarrollo, 2013)

La energía fotovoltaica, se conoce como la transformación de la radiación solar en energía eléctrica. Esta energía eléctrica se obtiene mediante células fotovoltaicas. Dando paso a la generación de electricidad; mediante paneles solares. Esta corriente eléctrica se forma cuando el fotón de la luz incurre en la célula solar. Dicha electricidad es usada como fuente de energía. (Solar, 2019)

Cuando se diseña una instalación fotovoltaica se debe garantizar la seguridad de las personas y, también que el funcionamiento normal del sistema fotovoltaico no afecte la integridad de equipos y sistemas conectados a la red eléctrica. Por lo tanto, la instalación fotovoltaica dispondrá de protecciones para corriente continua y alterna. Los módulos fotovoltaicos trabajan con corriente continua y los interruptores diferenciales no funcionan en corriente continua, en consecuencia, no podrán emplearse como protección contra contacto directo en esta parte de la instalación.

En corriente continua, cuando el circuito se interrumpe, no hay ningún cruce de corriente por cero, de manera que el arco eléctrico es mayor al que se forma en la corriente alterna. El interruptor ha de estar preparado para extinguir este arco. La corriente de corto circuito de los módulos fotovoltaicos es muy pequeña, así que no se pueden utilizar fusibles ni protecciones magnetotérmicas.

El campo fotovoltaico no representa un elemento adicional que atraiga las descargas atmosféricas. Los módulos fotovoltaicos proporcionan un buen aislamiento contra contactos eléctricos indirectos, pueden considerarse como protección clase II. Un modo de protección contra contactos directos es el doble aislamiento.

Para proteger el circuito contra sobreintensidades, bastará con dimensionar los cables de modo que su sección transversal, permita el paso de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.

Las descargas atmosféricas directas son las más peligrosas, pero también se pueden producir descargas indirectas o descargas por transmisión de otras instalaciones.

El concepto On-Grid hace referencia a un sistema de energía solar conectado a la red de distribución eléctrica. También se conoce como Grid-Tied (atado a la red). Bajo este esquema el usuario puede obtener su electricidad tanto de la producción de los paneles solares como de la empresa que le suministra la energía diariamente. Durante las noches, cuando los paneles no producen energía, se tiene el respaldo de la red. Este tipo de sistema suele llevar un contador bidireccional en caso de inyectar electricidad a la red, sin embargo, esto no es obligatorio.

Las conexiones Off-Grid, por el contrario, no están conectadas a la red. Esto quiere decir que cuando los paneles no generan electricidad no se tiene un respaldo, salvo que cuente con baterías. Como el sistema On-Grid con baterías, el Off-Grid con baterías requiere inversiones adicionales. Una de las ventajas de este sistema es que el usuario está totalmente desconectado del servicio de la red y sus costos asociados. Una desventaja es que requiere una buena capacidad de almacenamiento para garantizar el suministro de electricidad.

El cargador o regulador, es el dispositivo encargado de optimizar y administrar la carga de las baterías, por lo cual, se utiliza principalmente en los sistemas Off-grid (aislados de la red), en los cuales se requiere un banco de baterías para su funcionamiento.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la finalidad de estudio del proyecto, la metodología empleada en la investigación, es de tipo experimental; esta analiza el efecto producido por la manipulación de una o más variables independientes, sobre una o varias dependientes. Para establecer una investigación experimental, se debe determinar la causa y el efecto de un fenómeno, es decir; los efectos observados en un experimento, se deben a la causa.

El proyecto requiere un enfoque mixto, comprendido como “un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio” (Teddied, 2003). Este enfoque se traza como objetivo, determinar la variabilidad estadística y funcionamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red de energía mediante sistema de inversores, para alimentar motores de inducción. (Teddied, 2014)

Para finalizar se desarrolla un análisis financiero que permita determinar los costos aproximados, principales indicadores de inversión y posibles fuentes de financiamiento para la construcción de un sistema de interconexión de red fotovoltaica para cargas inductivas.

3.1. FASE METODOLÓGICA

- Fase 1. Revisión del estado del arte y marcos referenciales.

Actividad 1: Recolectar información a través de la investigación de antecedentes a nivel nacional con la intención de obtener información guía en el desarrollo del proyecto.

Actividad 2: Conocer las diferentes teorías, conceptos y leyes que rigen la investigación con el fin de tener una idea clara acerca del cálculo y el análisis de los resultados del estudio planteado.

- Fase 2. Estudio de irradiación solar y caracterización del sistema en términos de eficiencia energética.

Actividad 1: Realizar un estudio de irradiación solar en el municipio del Playón para la ejecución de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica.

Actividad 2: Cuantificar y caracterizar en términos de eficiencia y calidad energética el sistema de generación solar fotovoltaica.

Actividad 3: Determinar la irradiación solar del municipio del Playón a partir de los mapas de la NASA empleando la herramienta de software RETScreen Expert.

- Fase 3. Cálculos analíticos para la determinación de la cantidad de paneles solares.

Actividad 1: Inventario de carga y estado actual de la instalación eléctrica.

Actividad 2: Realizar los cálculos analíticos que determinan la cantidad de paneles solares necesarios para la generación de la potencia requerida por la carga del sistema.

Actividad 3: Determinar la energía formada por un solo módulo solar para calcular la cantidad de paneles requeridos.

Actividad 4: Revisar las posibles formas de conexión de paneles solares Serie/Paralelo para conseguir los niveles de tensión y corriente necesarios.

- Fase 4. Diseño del sistema de generación solar fotovoltaico.

Actividad 1: Diseñar el sistema de generación fotovoltaico aislado.

Actividad 2: Realizar el estudio metodológico para el proceso de selección de componentes y elementos del sistema (Regulador, Baterías de almacenamiento, paneles solares e inversor) a partir de la ingeniería de detalle.

Actividad 3: Implementar el sistema de generación solar fotovoltaico integrado a la red de distribución eléctrica.

Actividad 4: Realizar un estudio acerca de las posibilidades de carga del sistema.

- Fase 5. Observación y Análisis de los resultados.

Actividad 1: Analizar los resultados obtenidos en la investigación con el propósito de evaluar la viabilidad de implementar sistemas de igual magnitud.

- Fase 6. Realizar un informe técnico de acuerdo a las deducciones obtenidas en la investigación.

Actividad 1: Analizar las alternativas no convencionales de generación de energía eléctrica, estudio de cargas, topográfico, financiero, impacto ambiental, social y las normas vigentes en Colombia.

Actividad 2: Ejecutar la consultoría en CODESAN.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.

4.1. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE POTENCIA Y MEDICIÓN DE LA CARGA.

Se realizó un registro del parámetro eléctrico a través de equipos de medición (multímetro) para determinar la distribución y carga total de la planta CODESAN. En la figura 2 se ilustra el lugar en el que se realizó la medición de parámetros eléctricos requeridos para el análisis de carga realizados a continuación.

Figura 2. Punto de medición de variables de la instalación eléctrica CODESAN.



En la figura 3 se muestra el motoreductor principal de la planta. Este equipo consume una potencia de 18 KW en su funcionamiento.

Figura 3. Motorreductor de la planta.



En la figura 4 se observa uno de los motores que consumen 0,75KW.

Figura 4. Motor de 1HP.



En la figura 5 se muestra la placa de uno de los motores.

4.2 ESTUDIO DE IRRADIACIÓN SOLAR Y CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.

En la figura 6 se muestra la factura de energía eléctrica de la empresa CODESAN en el mes de junio del año 2021.

Figura 6. Factura de energía eléctrica de la empresa CODESAN.

ESSA Grupo Eppro
siempre adelante
Líderes tenedores resolución 0547 de 25-01-2002. Resolución No. 7029 de nov. de 1996.

Número de cuenta: 1465724 - K
181850266
22/ABR/2021 21/MAY/2021
04/JUN/2021 21/JUN/2021

Debo pagar en total: \$4,356,495 **Atrasos:** 0

Tu energía ha sido subsidiada Sin este subsidio Con el subsidio mi ahorro es

Aplica solo para usuarios residenciales de estratos 1, 2, 3 hasta consumo de subsidencia. Subsidio Aprobado 9%

Datos personales
Nombre: RAMIREZ CAMACHO NELLY
NIT / CC: 83482086
Dirección: VDA LA CEIBA HEJA LAS TRES POTR
Municipio: RIONEGRO
3165269766

Datos técnicos
Ciclo: 150
Ruta: 1501610410145
Servicio: Industrial
Estrato: 0- No Residencial
Tarifa: 271-IND SIN CONTRIB DEC 2915/11
Subestación: 48 TRINCHERAS
Circuito: 48603 TRINCHERAS 3 LA C
Transformador: 778-9003
Nivel: 1 Nivel 1 c: 1 kV
Código CU: 12 Prop Cliente Nivel 1-2
Carga Adicional: 0
Número Medidor: 3165269766

Concepto	Valor mes	Saldo
CONSUMO ACTIVA	\$890,696	\$0
CONSUMO REACTIVA	\$72,969	\$0
DESCUENTO COMUN A	\$0	\$0
CUOTA CONSUMO	\$0	\$0
CUOTA CONTRIBUCION	\$16,352	\$0
CUOTA INTERES FINANCI	\$745	\$0
SOBRETASA ART 313 L1955/19	\$0	\$0
DOTO SOBRET ART313 L1955/19	\$0	\$0
INTERESES MES	\$4,518	\$0
INTERES FINANCIACION	\$108,482	\$0
MORA FINANCIACION	\$2,249	\$0
VALOR DEUDA ENERGIA A DIFERIR \$	0	\$1,423,682
Total servicio energia electrica		

Estado de financiaciones

Concepto	Deuda Inicial	Tasa	Cuotas	Saldo	Fecha Inicial	Fecha Final
				12971982	03-2021	03-2024
CUOTA CONSUMO	17851877	.72	36	631875	03-2021	03-2024
CUOTA CONTRIBUCION	638577	.72	36	28762	03-2021	03-2024
CUOTA INTERES FINANCI	37887	.72	36			

Cálculo del consumo
Consumo: 1648
Tipo: A5
Tarifa Actual: 887,88.888
Lectura Actual: 2339
Costo Unitario: 543,1875

Histórico de consumo

MES	Consumo	Costo
MES-6	1648	1013
MES-5	1568	1768
MES-4	1768	1768
MES-3	1768	1768
MES-2	1768	1768
MES-1	1208	1040
MES0	1648	1013
PROGM		

4.2.1 LOCALIZACIÓN Y RECURSOS DISPONIBLES.

En la tabla 2 se pauta la localización geográfica de la empresa CODESAN.

Tabla 2. Localización geográfica de la empresa CODESAN.

LOCALIZACIÓN	RIONEGRO, SANTANDER
PAÍS	Colombia
REGIÓN	América del Sur
LATITUD	6.15 N
LONGITUD	-75.367N
ALTITUD	2109msnm

El lugar donde está ubicado el proyecto cuenta con una irradiación anual de 4.5 a 5.0kWh/m² <https://power.larc.nasa.gov/>. La temperatura media anual es de 25,5°C. Estas características hacen de la tecnología fotovoltaica una opción para la generación de energía eléctrica.

Se propone la integración de tecnología policristalina. Esta es la tecnología que mejor relación de aspecto kWh/kWp ofrece entre todas las tecnologías y supondrá un aumento en la producción de energía fotovoltaica. Esta integración se propone dadas las condiciones geográficas de la localización, en cuanto a latitud porque la radiación solar incide directamente sobre la cubierta.

A continuación, se resalta un estudio de viabilidad en cuanto a la implementación de un sistema solar fotovoltaico para la instalación eléctrica de la empresa CODESAN. Inicialmente se plantea la identificación de una serie de pautas requeridas para la construcción, funcionamiento óptimo y normativas requeridas para la estructuración del mismo.

4.2.2 CÁLCULO ANALÍTICO DE LA ENERGÍA DEMANDADA POR LA PLANTA CODESAN Y SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

A continuación, se realiza una tesis de posibilidad en cuanto a la implementación de un sistema solar fotovoltaico para la planta CODESAN.

Tomando en cuenta la figura 6, en la cual se muestra el consumo de energía eléctrica promedio mensual (1640Kwh), se obtiene el consumo diario de energía dividiendo este valor entre 30 días.

$$\text{Consumo diario} = \frac{1640 \text{ KWh}}{30 \text{ días}} = 54.6 \frac{\text{KWh}}{\text{día}}$$

A continuación, se calcula el número de paneles requeridos para el suministro parcial de la energía eléctrica consumida diariamente en la planta.

E= consumo diario a cubrir por parte de los paneles fotovoltaicos 54.6 KWh.

FS = factor de expansión futura 1.3.

HSP = horas solar pico. En el municipio del Playón tiene un valor aproximado de 5 horas.

WP= Potencia Panel. Se emplearán paneles de 550W con las especificaciones técnicas de la tabla 4.

$$\text{número de paneles} = \frac{E \times FS}{\text{HSP} \times \text{WP}} = \frac{54600 \times 1.3}{5 \times 550} = 25.81 \approx 26 \text{ paneles}$$

La conexión de los paneles se realizará en serie. La conexión en serie emplea placas solares con potencias superiores a los 200W.

Tabla 3. Caracterización de los paneles solares.

ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Número de módulos fotovoltaicos	26
2	Potencia pico del módulo fotovoltaico	550W
3	Área del panel solar fotovoltaico	2 × 1.13 mts ²
4	Eficiencia del panel solar fotovoltaico	21.5 a 23.4 %
5	Garantía	25 años
6	Precio	\$769654

4.2.3 SELECCIÓN DE PROTECCIONES.

Protecciones de corriente continua:

- Se utilizarán conductores de doble aislamiento para la instalación de corriente continua y cajas de conexión con protección clase II.
- Para la protección eléctrica contra sobrecorriente cada rama dispondrá de dos fusibles en sus extremos dimensionados para soportar el 130% del valor de la corriente nominal de cada rama. Estos fusibles no constituyen una protección contra sobrecorriente, pero permiten desconectar manualmente el inversor del generador fotovoltaico, para efectuar tareas de mantenimiento.
- La corriente máxima que circula por cada grupo de módulos fotovoltaicos es igual a 5.4 A con una sección transversal de 4mm². Se instalará un fusible seccionador de 10 A, en el conductor de polo positivo y negativo en la entrada de la caja. Los marcos y la estructura metálica de soporte se conectarán a tierra.

Protecciones de Corriente Alterna:

- Para la instalación de corriente alterna se conectará un interruptor automático general.

Se halla la corriente nominal total para elegir el automático

$$I_n = \frac{PE}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V} \times 0.87}$$

$$I_n = \frac{42870}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V} \times 0.87} = 64.66 \text{ A}$$

La carga de CODESAN se supone de características continua, por lo tanto la corriente de protección I_p se calcula con un factor de 1.25 veces el valor de I_n .

$$I_p = 1.25 \times 64.66 = 80.82 \text{ A} \approx 80 \text{ A}$$

- También se instalará un interruptor automático de interconexión a la salida del inversor para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos. Para calcular este interruptor automático se calcula la corriente nominal teniendo en cuenta que el inversor es de 80KW.

$$I_n = \frac{80 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V} \times 0.87}$$

$$I_n = 121 \text{ A}$$

Con esta corriente nominal se elige el automático comercial que mejor se ajuste para proteger el inversor.

- La corriente máxima que circula en el circuito de corriente alterna es de 27.7 A con una sección transversal de 10mm² y una corriente admisible de 68 A. Se instalarán interruptores automáticos de dos polos de 32 A y un magnetotérmico general de 30kA de p.d.c
- Se instalará un bloque diferencial de 30mA acoplado al automático para los inversores que protegerá a las personas contra contactos eléctricos directos.

4.2.4 SELECCIÓN DE CONDUCTORES.

- Para la instalación de Corriente Continua se dimensionarán los conductores de modo que su sección transversal soporte la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.
- Para la instalación de corriente continua, se dispone de dos cables (uno para el polo positivo y otro para el polo negativo).

Fórmula general para el cálculo del conductor de la instalación eléctrica de corriente continua.

$$\text{Área transversal del conductor} = \frac{2 \times L \times I \times Y}{V_A - V_B}$$

L : Longitud.

I : Corriente

Y: Resistividad con valor a 20° C,

($V_A - V_B$) : Caída de tensión máxima tolerable.

Tabla 4. Caída de tensión máxima tolerable.

Subsistema	Caída de tensión máxima	Recomendada
Paneles/regulador	3%	1%

Se tiene una distancia de 10 metros entre los módulos solares y la caja de conexiones de corriente continua, según lo visto anteriormente, la caída de voltaje máxima puede llegar hasta el 3%.

Se tiene una caída de tensión de 1 %, y la corriente que circulará como máximo en cada panel es 4.8A.

Por lo tanto:

$$\text{Área transversal del conductor} = \frac{2 \times 10 \times 4.8}{56 \times 0.48} = 3.57 \text{ mm}^2$$

Se escoge una sección superior a la calculada que coincida con una sección estándar comercial:

En este caso la sección de cobre comercial sería de 4mm².

La corriente máxima admisible, para Cobre (Cu) con sección transversal de 4 mm² es de 31 Amperios (calibre: #10 AWG) que supera el valor deseado de 4.8A.

Se comprueba la temperatura a la que está trabajando el cable:

$$T = T_o + (T_{MAX} - T_o) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}} \right)$$

T_o: Temperatura del conductor.

T_{MAX}: Temperatura máxima tolerable para el conductor

I: Intensidad que circula por el conductor.

I_{MAX}: Intensidad máxima tolerable para el conductor según el aislamiento.

La temperatura es de 26° C, la corriente que circula en este caso 4.8 A.

$$T = 20 + (90 - 20) \times \left(\frac{4.8}{57} \right) = 20 + 70 \times 0.084 = 25.89 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como el resultado es similar a la temperatura ambiente (26°C), no afecta la conductividad del cobre con lo cual el valor obtenido es correcto.

4.2.5 SELECCIÓN DEL INVERSOR.

Existen los inversores de onda modificada, que sirven para alimentar cargas resistivas como bombillos, calentadores y planchas mientras que los inversores de onda senoidal alimentan todo tipo de carga. El inversor que se empleará en este caso es de onda senoidal.

En el cálculo de la potencia del inversor se consideran los siguientes aspectos: factor de seguridad del 25%, eficiencia del inversor alrededor del 95%, la potencia usada por la carga y el factor de potencia de la carga (0.8 en atraso).

La potencia aparente del inversor se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_{inversor} = FS \times \left(\frac{P_{carga}}{FP \times \eta} \right) = 1.25 \times \frac{54.6}{0.8 \times 0.95} = 89.8 \text{ KVA}$$

La potencia activa del inversor se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P_{inversor} = S_{inversor} \times FP = 89.8 \times 0.8 = 71.84 \text{ KW}$$

Para suplir la potencia se hará uso de un inversor comercial On Grid de 80kW / 480V (trifásico).

4.2.6 VIABILIDAD DEL PROYECTO.

Para el sistema de paneles solares fotovoltaicos de silicio policristalino, se muestran los siguientes costos:

Costos del sistema de energía solar fotovoltaica (p-Si)

Tabla 5. Costos de los elementos necesarios en la instalación eléctrica de los paneles fotovoltaicos.

#	ÍTEM	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Panel solar 550W, 24V Policristalino 144 celdas	26	\$769.654	\$20.011.004
2	Inversor solar On Grid 80kW a 480VAC (Trifásico)	1	\$25.513.920	\$25.513.920
3	Estructura de paneles solares	26	\$168.667	\$4.385.342
4	Mano de obra	1	\$1.745.423	\$1.745.423
5	Cableado, protecciones, materiales y puesta a tierra	1	\$12.469.893	\$12.469.893
6	Instalación	1	\$30.941.083	\$30.941.083
Total				\$95.066.665

4.2.7 UBICACIÓN DE PANELES SOLARES Y DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA INSTALACIÓN.

Coordenadas de la planta de alimentos CODESAN: 7°24'05.7"N 73°11'11.1"W. La instalación del sistema fotovoltaico abarca el uso de 26 módulos cada uno con un área de 2m². Por lo que el sistema a instalar demanda de un espacio en la planta equivalente a 52 m², distribuido en una amplia zona despejada del predio Las Tres Potrillas.

En la figura 7 se muestra la ubicación de los paneles solares fotovoltaicos en la planta CODESAN.

Los diagramas unifilares se mostrarán en los documentos anexos del presente documento.

Figura 7 . Ubicación de los paneles solares fotovoltaicos en la planta
CODESAN.



F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

5. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las fases de diagnóstico de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica para la planta de producción de alimentos CODESAN, a partir de la evaluación de la tecnología de energía solar fotovoltaica.

En la etapa de diagnóstico, se evidencian las características de la tecnología de paneles solares fotovoltaicos. Se revisan los consumos obtenidos directamente de recibos de energía, para ello se formula una solución, el uso de la energía renovable fotovoltaica para disminuir costos, accediendo a los recursos naturales y de bajo impacto socio-ambiental.

6. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de abastecimiento energético basado en tecnologías solares fotovoltaicas, genera beneficios ambientales debido a que se evidencia una disminución en los impactos y su caracterización en el medio, esto respecto a las fuentes de energía convencionales. Adicionalmente, tienen mayor receptividad del área de influencia debido a que los impactos socio-ambientales son menores, y en algunos casos, positivos.

A través del análisis de indicadores económicos; se logró identificar la viabilidad económica de las tecnologías de paneles fotovoltaicos y el ahorro que este sugiere.

Se logró proponer el diseño de abastecimiento energético alternativo para el suministro de energía para la planta de alimentos balanceados CODESAN. Basados en los aspectos determinantes de viabilidad técnica, económica y ambiental para el proyecto.

7. RECOMENDACIONES

La implementación del diseño propuesto puede generar mayor responsabilidad sobre La planta de producción de alimentos balanceados CODESAN; debido a que el suministro de energía para la planta CODESAN, deja de realizarse a través de un prestador de servicio público, y pasa a ser responsabilidad única y directa de la planta, razón por la cual el mantenimiento y del sistema debe ser realizado por la misma.

Se sugiere realizar un análisis financiero estricto para la implementación de proyectos de aprovechamiento energético, debido a que, si bien es cierto que generan beneficios ambientales y sociales, no se deben ignorar los beneficios económicos que estos representan.

Es necesario contemplar los beneficios financieros a los que se acceden al implementar un sistema de aprovechamiento energético no convencional, ya que representa un porcentaje importante de la inversión, facilitando la recuperación de la misma.

Es importante realizar una búsqueda exhaustiva y solicitar información a plantas especializadas; como apoyo al diseño, debido a la escasa información disponible sobre algunas de las tecnologías, lo cual dificulta llegar a realizar un análisis comparativo más detallado.

Se sugiere a la academia y a las diferentes instituciones fortalecer la promoción de proyectos de fuentes no convencionales de energía eléctrica a zonas

interconectadas con el fin de promover la transición de energías convencionales a energías alternativas.

Motivar a la población en general para la creación de empresas donde se dediquen a la fabricación e instalaciones de materiales para el uso de energías renovables y de esta manera aumentar la demanda y sea más asequible a empresas que deseen implementar este tipo de energías.

Promover el uso de las energías renovables haciendo énfasis en la reducción de gases emitidos y disminución de los costos asociados a su uso. Aprovechar que Colombia es un país que tiene excelentes condiciones climáticas, las cuales son la fuente principal de producción de energía y así mismo contribuir a la creación de más plantas donde su recurso principal sea el otorgado por la naturaleza ya que un recurso inagotable.

Se sugiere realizar investigaciones alternas a la presentada con el fin de estudiar otros métodos de generación eléctrica para poder emplear un diseño experimental y con esto ayudar al medio ambiente. Se recomienda optar por otros sitios para futuras investigaciones de este ámbito y así seguir aprovechando la energía producida por el sol.

Se recomienda llevar a cabo el proyecto fotovoltaico a un 40% de la potencia consumida diaria por la planta CODESAN, para aumentar la rentabilidad a corto plazo, hacer el proyecto más atractivo económicamente y recuperar su inversión en corto tiempo.

Es importante hacer un estudio del estado de la puesta a tierra, así como revisar el óptimo estado de las instalaciones eléctricas de la planta CODESAN.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDI. (2011). En A. n. industriales. cámara de la industria de alimentos balanceados. evaluación de la política de incentivos a la producción nacional de maíz amarillo, sorgo y soya, y algunas recomendaciones.
- ANDI. (2020).
- Bordón, J. L. (2016). la industria de los alimentos balanceados en Colombia. Análisis de la oferta y tendencias del mercado nacional de materias primas.
- Camacho, D. J. (2012). implementación de un sistema fotovoltaico autónomo móvil de 1000W.
- Cantillo. (2019). Diagnostico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región caribe colombiana.
- Cantillo. (s.f.). Diagnostico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región caribe colombiana.
- Fedesarrollo. (2013).
- Generacionverde. (2017). 7 beneficios de colocar paneles fotovoltaicos.
- Gómez, S. C. (2019). Estudio técnico de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la universidad piloto de Colombia como caso de estudio.
- Greenyellow. (2020). Greenyellow. Obtenido de eficiencia energética, energía solar: [3https://www.greenyellow.co/genera-ahorros-inmediatos-en-tu-empresa-agroindustrial-sin-inversion-con-greenyellow/](https://www.greenyellow.co/genera-ahorros-inmediatos-en-tu-empresa-agroindustrial-sin-inversion-con-greenyellow/)
- Héctor, M. C. (2005). Agroindustria y Competitividad. Estructura y dinámica en Colombia 1992-2005.
- Henao, M. (2016). Proceso de producción de alimentos balanceados planta de.
- Hugo Alberto Rivera, J. A. (2011). Diagnostico al sector de alimentos balanceados para animales en Colombia.
- industriales, A. n. (2011). ANDI.

- Marulanda, S. (2016). la elaboración de alimentos balanceados para animales en Colombia se distribuye en tres grandes sectores: aves, porcinos y vacunos.
- Osinerming. (2015). por qué es tan costosa la anergia eléctrica en Colombia?
- Piquer, G. (2018). MATERIAS PRIMAS PARA ELABORACION DE ALIMENTOS.
- República, L. (2020).
- Semana. (2020). sistemas solares fotovoltaicos.
- Solar. (2019).
- Solar, E. (2019).
- Soraya navarro, J. A. (2011). implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples.
- Teddied. (2003).
- Teddied. (2014).
- Teddied. (2014).
- Teddied, T. y. (2003, 2014). Barrantes.
- Torres, A. R. (2016). Evaluación del sistema de suministro de energía con paneles solares fotovoltaicos para el edificio de posgrados de la universidad libre sede el bosque.
- Torres, s. (2013).
- William Andrés Barrera, F. A. (2018). Propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo eléctrico en el municipio de quebrada negra, Cundinamarca.
- Yepes. (2019). Energía solar, una luz para la economía y el desarrollo. Energía solar, una luz para la economía y el desarrollo.