

**Estudio De Factibilidad Para La Creación De Un Sistema De Autogeneración De
Energía Solar Fotovoltaica Para La Sede CCVA De Cúcuta**

Elvis José Peñaloza

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia
Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería
Ingeniería Industrial
San José De Cúcuta, 2020**

**Estudio De Factibilidad Para La Creación De Un Sistema De Autogeneración De
Energía Solar Fotovoltaica Para La Sede CCVA De Cúcuta**

Elvis José Peñaloza

Trabajo de Grado Para Optar por El Título De Ingeniero Industrial

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería

Ingeniería Industrial

San José De Cúcuta, 2020

Copyright © 2020 por Elvis José Peñaloza. Todos los derechos reservados.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San José de Cúcuta, 04 de Marzo de 2020.

Dedicatoria

En especial quiero dedicar este logro a mi señora madre CARMEN LUISA PEÑALOZA, quien, con esmero y sacrificio, apporto su grano de arena en mi formación académica; al igual quien me inculco valores y principios, que me han permitido ir logrando mis objetivos. Igualmente, gracias a toda mi familia, amigos y conocidos que de alguna forma contribuyeron a superar esta etapa personal y profesional.

Agradecimientos

Primeramente, gracias a Dios por brindarme el entendimiento y sabiduría, que me permitieron analizar, entender y debatir el conocimiento terrenal, bajo una formación autónoma y autocrítica.

Así mismo agradecer a la Universidad Nacional Abierta y A Distancia, por permitirme desarrollar esta tesis, aplicándola en su sede de la ciudad de Cúcuta, así como al Ingeniero John Barbosa por consentir ejecutar su idea de generación de energía eléctrica a través un sistema fotovoltaico.

Abstract

The use of renewable systems for the generation of energy in Colombia is an issue that has begun to develop, climate change generates instability in the energy sector of the country since our main source of energy generation is water, given the threat of possible rationing of energy, and the need to reduce costs for the consumption of it, arises the need to carry out the present feasibility study proposal, so that the UNAD can have the bases to create a Photovoltaic Solar Energy Self-Generation System in the CCVA headquarters of Cúcuta and that serves as a reference to develop in other locations in the country.

The development of the project allows using a qualitative analysis methodology to carry out a feasibility study for the installation of the photovoltaic energy self-generation system, which will be supported as an investment option that will have an intrinsic profitability for the UNAD, which could lead to developing the system in the future and adapt it to other sites that require it. It is also framed within the project formulation and evaluation model, to justify the conclusions for decision making based on financial indicators such as NPV and IRR, which allow us to sustain its viability.

Key Words: Solar Energy, Photovoltaic System, Climate Change

Resumen

El uso de sistemas renovables para la generación de energía en Colombia es un tema que ha comenzado a desarrollarse, el cambio climático genera una inestabilidad en el sector energético del país. Nuestra principal fuente de generación de energía es el agua, ante la amenaza de posibles racionamientos de energía, y la necesidad de reducir los costos por el consumo de la misma, nace la necesidad de realizar la presente propuesta de estudio de viabilidad, para que la UNAD pueda tener las bases de crear un Sistema de Autogeneración de Energía Solar Fotovoltaica en la sede CCVA de Cúcuta y que sirva como referente para desarrollarse en otras sedes del País.

El desarrollo del proyecto permite mediante una metodología de análisis cualitativo realizar un estudio de factibilidad para la instalación del sistema de autogeneración de energía fotovoltaica; que se sustentara a manera de una opción de inversión que tendrá una rentabilidad intrínseca que beneficia la UNAD; que podría conllevar a desarrollar el sistema en un futuro y adaptarlo a otras sedes que así lo requieran. A la par se enmarcará dentro del modelo de formulación y evaluación de proyectos, que se justifica en las conclusiones para la toma de decisiones basada en los indicadores financieros como la VAN y la TIR, que permitan sustentar la viabilidad del mismo.

Palabras Claves: Energía Solar, Sistema Fotovoltaico, Cambio Climático

Tabla de Contenidos

Abstract	viii
Resumen	ix
Lista de figuras	xiv
Introducción	1
1. Definición del Problema	6
2. Identificación de Actores	9
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo General	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4. Justificación	12
5. Marco Teórico y Conceptual	14
5.1 Análisis Mundial	14
5.2 Análisis Nacional	15
5.3 Marco Normativo	17
5.4 Marco Contextual	19
5.5 Marco Conceptual	20
6. Análisis Técnicos	24
6.1 Energía Solar en Colombia	24
6.2 Radiación Solar en Colombia	25
6.3 Radiación Solar en Cúcuta	27
6.4 Marco Técnico	27

6.4.1	Sistema Solar Fotovoltaico.	29
6.4.2	Componentes.....	31
6.4.3	Potencia de un Sistema Fotovoltaico.	38
9.4.4	Orientación e Inclinación de los Paneles Solares.	40
9.4.5	Conexión de los Paneles.	42
9.4.6	Normatividad.	43
10	Análisis de la Potencia Instalada.....	45
10.1	Consumo Eléctrico Proyectado.....	45
10.1.1	Consumo de Energía Real.....	46
10.1.2	Cantidad de Paneles por Área Disponible.	47
10.1.3	Numero de Paneles Consumo Real.....	50
10.2	Inversor	52
10.3	Transformador.....	54
11	Análisis Financiero.	55
11.1	Inversiones	56
11.2	Flujo de operaciones	61
11.3	Punto de equilibrio.....	61
11.4	Análisis de la VPN y TIR	62
11.4.1	VPN.....	62
11.4.2	TIR	64
11.4.3	Relación costo beneficio.....	65
12.	Impacto Ambiental.....	67

12.1	Construcción.....	67
12.2	Operación.....	68
12.3	Culminación.....	69
13.	Recomendaciones.....	71
	Conclusiones.....	72
	Bibliografía.....	75

Lista de tablas

Tabla 1	9
Tabla 2	28
Tabla 3	36
Tabla 4	36
Tabla 5	44
Tabla 6	50
Tabla 7	52
Tabla 8	56
Tabla 9	57
Tabla 10	59
Tabla 11	59
Tabla 12	60
Tabla 13	60
Tabla 14	61
Tabla 15	61
Tabla 16	63
Tabla 17	63
Tabla 18	63
Tabla 19	64
Tabla 20	65
Tabla 21	65
Tabla 22	66

Lista de figuras

Figura 1. Radiación anual en Colombia año 2014.....	26
Figura 2. Radiación solar sobre la ciudad de Cúcuta.....	27
Figura 3. Tipos de sistemas fotovoltaicos según su configuración.....	30
Figura 4. Mapa conceptual transformación de la radiación solar.	31
Figura 5. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	32
Figura 6. Tipos de paneles fotovoltaicos	33
Figura 7. Estructura de un panel solar	34
Figura 8. Conexión de un controlador en un sistema fotovoltaico.	35
Figura 9. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	37
Figura 10. Esquema de un sistema fotovoltaico sin almacenamiento.	38
Figura 11. Movimientos del sol en diferentes épocas del año y latitudes.....	40
Figura 12. Tipos de conexiones de paneles solares	42
Figura 13. consumo eléctrico en diferentes meses.....	46
Figura 14. Área disponible de techo..	47
Figura 15. Características de un panel solar.	48
Figura 16. Áreas A, B y C de referencia.	49
Figura 17. Características de un panel solar.	50
Figura 18. Características del inversor.....	53
Figura 19. Costo mensual del consumo eléctrico.	55
Figura 20. Punto de Equilibrio.....	61
Figura 21. Valor Presente de Ingresos y Egresos	63
Figura 22. Porcentaje Relativo de Componentes de un Panel.	70

Introducción

Colombia ha venido dando pasos para colocarse al nivel de otros países que vienen desarrollando la utilización de energías no convencionales, buscando soluciones a los impactos negativos que otras energías ocasionan al medio ambiente y a los aspectos climáticos que ha sufrido nuestro País. Razón por la cual la utilización o transformación de la energía solar, se proyecta como una sólida estrategia para resolver parte de la crisis energética que sufre el mundo, a causa de la disminución de combustibles fósiles. La energía solar tiene varios campos de aplicación, sin embargo; se necesita innovar para lograr el máxima uso y desarrollo de estas energías en nuestro País.

La comunidad mundial ha venido desarrollando estrategias para mitigar impactos ambientales y Colombia no es ajena a ello, propiciando la utilización de energías limpias y procesos limpios con ceros desperdicios, que conlleven a un cambio climático aportando un grano de arena al mejoramiento de las condiciones medioambientales para los seres humanos. Caso como china que su contaminación es exorbitante, su atmósfera se encuentra contaminada por la mala calidad de los procesos industriales que emiten gases contaminantes y han cruzado un límite, hoy son unos de los países con mayores parques de paneles solares y viene en aumento su crecimiento. Así como también se desarrolla la energía solar a nivel Mundial, para el caso de España, han reglamentado la utilización del servicio colocando un impuesto al sol para quienes utilicen la energía solar, igualmente han permitido que uniones de personas desarrollen proyectos para el autoconsumo.

La utilización de la energía solar, se base en la radiación solar, que para Colombia es favorable en casi todo su territorio, específicamente podemos decir que esta radiación oscila entre 3-5 para la ciudad de Cúcuta. Es una Energía que se puede transformar sin procesos químicos, no genera contaminación por emisiones de gases que causen efecto invernadero, su transformación no es ruidosa, con la propuesta se genera y se utiliza el 100% de la energía o se distribuye a la red sin acumulación de energía, convirtiéndose en una propuesta de bajo costo, útil e innovadora para desarrollar en la región y porque no ser desarrollada por la Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD en su sede de la ciudad de Cúcuta.

La historia nos ha mostrado diferentes opciones para ir generando cambios que beneficien nuestro sistema ambiental, diseñando sistemas más amigables con el medio ambiente, que permitan una disminución de la utilización de los recursos naturales que son potencialmente renovables, como el agua, las especies, el suelo, etc., cuya finalidad es que se dé el principio operativo para que la tasa de explotación de los recursos naturales, debe sea similar o menor a la tasa de regeneración de estos recursos, pero hay factores como el aumento de la población que está demandando más generación de energía Eléctrica y si no buscamos soluciones llegara el momento que la explotación sea mayor a regeneración de estos recursos, razón que nos obliga a buscar soluciones alternas. Igualmente conocemos que tenemos recursos naturales que se han venido agotando y que los mismos no son renovables como el petróleo y el carbón, a medida que estos recursos se agoten el hombre tendrá que buscar soluciones, reemplazando estos sistemas convencionales por no convencionales. (Garcia & Vergara J, 2000)

Desde 1838 se dio el primer paso con el descubrimiento del efecto fotovoltaico y con el desarrollo industrial los laboratorios BELL produjeron la primera célula de silicio en 1954 con un rendimiento del 6%, en 1985 la Universidad de New South Wales crea células con el 20% de rendimiento, en el 2010 la potencia instalada por paneles solares a nivel mundial es de 40 mil MW y la producción de células supera los 27 mil MW. (Rosero, 2011). Igualmente, los cambios inestables del petróleo y sus reservas han provocado que los países exploren fuentes de energías alternativas, sin embargo, el poder que ejerce el petróleo no ha permitido un verdadero desarrollo de las energías renovables. También conocemos que la capa de ozono ha sufrido deterioro por causa de las emisiones de gases, como dióxido de carbono (CO_2) aumentando gradualmente la temperatura - calentamiento global, razón por la cual los gobiernos de los países con mayor producción industrial bajo la normativa de Naciones Unidas pactaron la implementación de políticas para disminuir y controlar la emisión de Gases con Efecto Invernadero –GEI-, siendo el Protocolo de Kioto el tratado más vinculante y destacado en el tema. (Alatorre, 1997).

Dado estos acontecimientos las políticas de disminución de GEI se han impulsado la investigación, inversión e innovación en fuentes de energía limpias por los diferentes países, siendo la energía por radiación solar, la energía eólica y la energía obtenida por biomasa las de mayor participación y representación. El desarrollo ha aumentado la fabricación, comercialización y eficiencia energética de paneles solares fotovoltaicos; que traducido en el aspecto comercial causa una reducción de los costos de los mismos y consecuentemente a una mayor accesibilidad a esta tecnología.

A nivel mundial los países industrializados lideran la utilización y fabricación de paneles solares como una forma de generación de energía eléctrica que es amigable con el medio ambiente, como lo es Alemania, China y Estados Unidos; China lidera la fabricación de células fotovoltaicas o paneles solares a nivel mundial. Mientras Colombia viene dando pasos para promocionar el desarrollo de sistemas no convencionales, que han permitido ejecutar proyectos de Energía Solar Fotovoltaica, proyectos que generan en promedio de 100 MW, ubicados en zonas estratégicas de Costa Caribe Colombiana en su mayoría desarrollados por Celsia. (PLANTA EL PASO - VALLEDUPAR, 2019)

Si bien es cierto que aun poseemos reservas de petróleo, carbón mineral y gas natural, como también conocemos que nuestra principal fuente de energía eléctrica es por nuestros recursos hídricos que se han visto afectados por el fenómeno del niño, hecho que ha permitido reflexionar a nuestros líderes y buscar soluciones alternas para la generación de energía eléctrica, que nos permita tener opciones y no depender de los recursos hídricos, petróleo, carbón y gas. Estas son las razones que le dan importancia al desarrollo de estos proyectos que son amigables con el medio ambiente y no dependen de los recursos fósiles, de ahí la importancia que el gobierno nacional crea incentivos mediante la ley 715 de 2016, en su artículo 11, modificado por el artículo 174 de la ley 1955 de 2019, hechos que son bien recibidos por la sociedad ya que permite aliviar el bolsillo de los consumidores, así como el cuidado de nuestra biodiversidad. (Senado de La Republica, 2014)

El proyecto de “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA CREACION DE UN SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGÍA SOLAR PARA LA SEDE DE LA UNAD EN LA CIUDAD DE CUCUTA”, busca definir la viabilidad para desarrollar un Sistema de Autogeneración de energía fotovoltaico aprovechando las reglamentaciones

vigentes, como la zona de ubicación de la sede de la UNAD en la ciudad de Cúcuta, que nos permite aprovechar la emisión solar irradiada en el municipio y contribuir a reducir el impacto negativo a causa de las emisiones de gases de invernadero, generadas por las termoeléctricas, así como contar con una alternativa energética para suplir las necesidades durante el horario operacional de la Universidad, siendo un modelo de referencia en el desarrollo en la gestión administrativa a través de proyectos sostenibles, amigables con el medio ambiente y que permita siempre una optimización de la inversión de los recursos en pro de todos los actores de la sociedad.

1. Definición del Problema

A través de la historia, se han observado cambios en la forma de hacer las cosas, así como se ha mejorado algunas técnicas y desarrollado otras, sin embargo, la sociedad aun depende de la energía convencional generada a partir del agua, petróleo, carbón y gas, se ha dejado de lado la utilización de energías no convencionales; de tal forma que hoy la supervivencia de la misma, está en peligro por la contaminación que se ha generado y el desgaste de los recursos naturales. Dentro de las políticas mundiales se ha puesto los ojos en el desarrollo de energías que sean autosostenibles ambientalmente y no generen un impacto negativo al medioambiente, controlando las emisiones de gases de invernadero. (Alatorre, 1997)

Colombia no está exenta de un racionamiento de energía eléctrica, dado los cambios climáticos causados por la misma contaminación y deforestación, tenemos reducción de lluvias, lo que hace que la fuente principal de generación de energía, que es el agua, sea vea afectada, habiendo reducción de este líquido preciado, repercutiendo de manera directa en la economía del País, en razón que la mayoría de empresas transformadoras de materia prima o de servicios utilizan energía eléctrica para la operación de sus procesos, por lo que el gobierno Nacional hace un tiempo realizo la campaña de APAGAR PAGA esto con el fin de evitar un racionamiento energía eléctrica. (Ministerio de Minas y Energía, 2018). (Santos & Republica, 2016)

Es conveniente mencionar que el gobierno Nacional ha identificado un conjunto de problemas en la reducción del agua, emisión de gases invernaderos, etc., por lo que se promovió la ley 1715 del 2014, ley amiga de las energías renovables, igualmente ya se ha

reglamentado la misma para promover el desarrollo en proyectos de generación y autogeneración de energías no convencionales como la energía solar, igualmente se han reglamentado incentivos que permitan desarrollar proyectos de autogeneración de energía fotovoltaica. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

Desde la UNAD se ha percibido que es necesario buscar una solución para la reducción de costos por consumo de energía eléctrica, dado que al haber un edificio con una estructura más amplia de prestación de servicios para los estudiantes en la Ciudad de Cúcuta, los costos por consumo de energía se aumentan automáticamente ya que la capacidad operacional de la sede viene aumentando así como el crecimiento y utilización de la sede por parte de los estudiantes. Que la alternativa de solución sea amigable con el medioambiente, auto sostenible administrativamente en el tiempo y que cumpla con la reglamentación vigente de la CREG y el Ministerio de Minas y Energía MME.

Partiendo de que la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, estableció los parámetros de autogeneración de energía a pequeña escala y generación distribuida, dando instrumentos que permitan el desarrollo de estos proyectos; que benefician económicamente la operación de cualquier empresa, reduciendo sus costos. Es interesante buscar una solución en estas herramientas jurídicas, que a su vez define la relación con los operadores de distribución, posibilitando a los autogeneradores que pueden vender los excedentes al sistema eléctrico que es administrado por los Operadores de distribución; que para el caso de Norte de Santander es CENS. (CREG, 2018).

Razones por las cuales se busca contribuir en el desarrollo de la autogeneración de Solar Fotovoltaica, que reduzca el impacto a la UNAD del riesgo de racionamiento de

energía eléctrica por la reducción del agua que es indispensable para la generación de energía eléctrica en Colombia; reducción del efecto invernadero a causa de los gases de la generación de energía Termoeléctrica, que es utilizada en Norte de Santander y que se contribuya a la reducción de los costos por consumo de energía eléctrica en la sede de la UNAD de la Ciudad de Cúcuta, mediante un estudio de factibilidad.

Es significativo mencionar que la viabilidad del proyecto también depende de la radiación solar, de los niveles de radiación solar, de la eficiencia de los paneles solares. Visualmente podemos decir que la ciudad de Cúcuta cuenta con un excelente nivel de radiación solar, dada sus temperaturas, sin embargo, se tienen de referencia la información de indicadores de seguimiento del clima y radiación del IDEAM, que nos muestra rangos de radiación durante el año de (4 a 5 Kwh/m²). (IDEAM, 2019).

2. Identificación de Actores

Colombia cuenta con entidades que intervienen de manera directa e indirecta en el proceso técnico y de ejecución; que permiten tener un marco de referencia para conocer los beneficios internos para la UNAD; beneficios o impactos sociales; límites del proyecto e intereses comunes a favor y en contra, así como identificar los riesgos por desarrollo de proyectos de este tipo. Que intrínsecamente deben dejarse soportado dentro del estudio y que pueda afectar la ejecución del proyecto.

- Ministerio de Minas y Energía
- CREG
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Universidad Nacional Abierta y A Distancia
- CENS
- Estudiantes de la Universidad.

Tabla 1

<i>Actores que Influyen en el Proyecto</i>	
ACTORES	FUNCIONALIDAD
Ministerio de Minas y Energía	Mediante la Ley 1715 de 2014, ha asumido el rol de impulsador de iniciativas energéticas no convencionales, tanto en su estudio, diseño, puesta en marcha y mantenimiento, de los diferentes proyectos de generación y autogeneración de energía a partir de fuentes no convencionales o renovables y amigables con el medio ambiente. Siendo el Ente Rector, asume políticas sociales que vayan en beneficio de la sociedad en general y en especial de los usuarios de los sistemas de generación de energía.
CREG	Emisor de regulaciones entre consumidor y distribuidor (ESP), asumiendo el rol de árbitro para desarrollar los estudios, puesta en marcha, ejecución y mantenimientos de proyectos para la obtención de energía por fuentes renovables no convencionales. Logrando una armonía entre actores, sin que ninguno se vea afectado, así como manteniendo un papel neutro.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	<p>Es quien regula, controla y vigila, la utilización de las fuentes o recursos naturales para la obtención de energía eléctrica, controlando los proyectos para que cumplan con los estándares mínimos permitidos que generan impactos negativos ambientalmente. Controlando que estos recursos sean utilizados eficientemente y eficazmente. Así como asume el rol de evaluar el impacto positivo de los proyectos de autogeneración de energía solar, para permitir que los ejecutores accedan a los beneficios otorgados dentro de la normatividad vigente.</p>
UNAD	<p>Asume el Rol de evaluador del estudio de viabilidad que le permita tomar decisiones administrativas en pro de determinar si realiza la inversión, que le permita mostrar Gestión administrativa dentro de su modelo de prestación de servicios de educación superior a distancia, así como dentro de su modelo de Gestión Ambiental. Definir el modelo de autogeneración de energía, interconectado a la red o aislado. La interconexión permite medir la potencia consumida y en base a estos cálculos se realiza el cobro de los diferentes impuestos de energía, sin embargo, cuando el sistema está aislado, los costos de impuestos se reducen y hay un vacío jurídico en este aspecto ya que no hay forma de medir el consumo real para el cálculo de impuestos y subsidios, pero esto no quiere decir que no se pueda ejecutar.</p>
CENS	<p>Actualmente es la Empresa que garantiza la comercialización y prestación del servicio público de energía eléctrica en el Departamento de Norte de Santander, asume un papel de interventor o auditor en los sistemas de autogeneración interconectados con la red, instalando unos medidores bidireccionales con registro de horario, permitiendo la funcionalidad de la energía que ingresa como la que sale hacia la red por excedentes del sistema.</p> <p>CENS se beneficia con los excedentes a menor costo y que dichos excedentes no tienen mayores costos de transporte y distribución. Se ven afectadas las plantas generadoras de energía como Termotasajero.</p>
Estudiantes de la UNAD.	<p>Son observadores y distribuidores de la idea de implementación de sistemas fotovoltaicos en beneficio de sus futuras empresas, sin embargo, no influyen de manera directa en el estudio o ejecución del proyecto, si son un actor que se convierte en transmisor o multiplicador de la idea de desarrollar sistemas de autogeneración de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales. Igualmente se esperaría recibir comodidad en los servicios brindados por la Universidad.</p>

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad para la instalación de un sistema de autogeneración de Energía Solar fotovoltaica interconectado, en la Sede de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de la ciudad de Cúcuta, que contribuya a la reducción de costos por consumo de energía eléctrica de la red Externa.

3.2 Objetivos Específicos.

Determinar y evaluar los costos aproximado de inversión del proyecto.

Evaluar el impacto económico en la reducción de los costos por consumo de energía Eléctrica para la sede CCAV Cúcuta de la UNAD.

Establecer una metodología simple para conocer la cantidad de paneles solares que suplan la potencia total de Energía Electrica de la sede CCAV Cúcuta de la UNAD.

Determinar y definir la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Evaluar y definir el impacto ambiental para la sede CCAV Cúcuta de la UNAD.

Fomentar el desarrollo de sistemas de autogeneración de energía Solar Fotovoltaica amigables con el medio ambiente.

4. Justificación

Con la contaminación generada por el hombre, es fundamental la que búsqueda de alternativas de desarrollo de energía renovables, las cuales sean amigables con el medioambiente y que beneficien a las organizaciones en los costos de consumo por energía eléctrica, permitiendo transformar esa variable en beneficio de la población usuaria de los servicios y productos de las empresas.

El desarrollo de este proyecto en la sede de la UNAD de Cúcuta, puede ser llevado a todas las sedes de la Universidad a nivel nacional, impactando positivamente en la reducción de los costos por la utilización de energía eléctrica, ya que en comparación del costo de generación de un kilovatio por hidroeléctrica o por termoeléctrica sería del 50% aproximadamente, el cual se espera demostrar bajo los cálculos de costo de generación y operación. Con esta información la UNAD puede dar un paso más a sus políticas de Gestión Ambiental. (Energías Renovables, 2020)

Igualmente es una oportunidad para generar indicadores que permitan hacer ciencia aplicada, en el desarrollo de los conocimientos y fundamentos que UNAD transmite a sus estudiantes, al igual que el desarrollo de la actividad, permite brindar a la UNAD la capacidad de tomar la decisión de ejecutar el proyecto; a fin de reducir los costos por consumo de energía eléctrica.

Al ser un proyecto de autogeneración de menor de 100 MW no se necesita tramitar ninguna licencia ambiental ante el ANLA, esta Agencia ya aprobó la primera licencia ambiental para la creación de varias plantas consecutivas que proyectan generar 100 MW, la cual se está desarrollando en el Departamento del Cesar, al igual MME inauguro

el pasado 5 de abril de 2019 la planta más grande de energía Solar fotovoltaica en Colombia a la fecha en el sector del Paso, del Departamento del Cesar, la cual tiene una capacidad instalada de 86,2 MW. (ANLA, 2019)

El solo hecho de apagar un bombillo, un PC o un equipo electrónico, hay una reducción en el consumo de energía eléctrica, esto se traduce en la reducción de consumo de combustibles no renovables y a su vez hay una reducción de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente. Lo que significa que si la UNAD tiene las herramientas de factibilidad podría ejecutar el proyecto y así contribuir en la reducción del impacto ambiental por generación de energía con fuentes no renovables.

Dentro de las políticas de Gestión Ambiental de la UNAD, parte de 10 componentes como: Aprovechar la Luz Natural, incita a la consulta de documentos de forma digital y a no imprimirlos, como exhorta a las buenas prácticas y cuidado de la naturaleza, lo que nos da unas bases para conocer que el presente estudio de factibilidad es de interés para la UNAD. (UNAD, 2018)

5. Marco Teórico y Conceptual

5.1 Análisis Mundial

Se ha venido transformando e innovando de manera trascendental la forma de hacer y mejorar procesos que reducen el consumo de energía no renovable, hecho que con el tiempo están ligados a la preservación de la raza humana. En la Primera revolución industrial se incluyeron máquinas a los procesos industrializados, hemos automatizado procesos con programación e inteligencia artificial. En todos los casos se han encontrado barreras para el desarrollo de nuevas tecnologías, sin embargo, cada una de las necesidades que invaden a esta sociedad; han obligado a cambiar estilos de supervivencia; desechando lo que no sirve y reemplazándolo por nuevas formas limpias de hacer las cosas.

Se menciona que la utilización de Petróleo, Carbón y Gas, han impactado al medioambiente generando gases contaminantes, en 1997 se firmó el protocolo de Kioto, que establece unas medidas para preservar el medioambiente reduciendo las emisiones de gases contaminantes por el desarrollo industrial, sin embargo es una tarea ardua dado que los más poderosos quieren imponer sus decisiones sobre los menos desarrollados, pero el punto es que la comunidad internacional se está volcando hacia definir políticas de la preservación del medioambiente.

La Agencia internacional Energética (AIE), menciona en su portal *"Están surgiendo importantes cambios en el mundo de la energía en respuesta a los cambios en el crecimiento económico, los esfuerzos de descarbonización y los avances tecnológicos"*, dijo la Directora Ejecutiva de la IEA, María van der Hoeven. *"Tenemos las*

herramientas para lidiar con un cambio tan profundo en el mercado. "Aquellos que anticipan el desarrollo energético global con éxito pueden obtener una ventaja, mientras que aquellos que no se arriesgan a tomar decisiones de inversión y políticas deficientes".

Y efectivamente eso es lo que ha venido observando desde la firma del protocolo de Kioto en 1997, utilizando las herramientas tecnológicas, recursos renovables no convencionales y ajustando la regla de juego, como as la normatividad de cada País, que les permita brindar herramientas para ir utilizando nuevas tecnologías que no impacten tanto el medio ambiente. (IEA, 2013)

5.2 **Análisis Nacional**

En Colombia se observar la energía eléctrica en el alumbrado público de la fría Bogotá a finales de siglo XIX, hecho que despertó el interés de los inversionistas por la oportunidad de negocio, así se dio paso a la creación de los primeros proveedores dedicados a generar, distribuir y vender energía eléctrica. Se evoluciono rápidamente en el sector con inversión privada y pública, se desarrolló la interconexión eléctrica, y por cultura de la administración pública, por histórico las empresas públicas no han podido sobrevivir y todas terminan quebradas, lo que ha llevado a que el gobierno privatice estas entidades en los 90, igualmente se presentan racionamientos de energía en el 91 y 92, con la nueva constitución se crea la Comisión de Regulación de Energía, hoy la Comisión de Regulación de Energía y Gas. (CREG, 2019)

El Grupo Bancolombia, a través de su portal, define el Panorama en Energético Colombia, donde se resalta una cobertura del 96% y una proyección en el desarrollo de la

energía fotovoltaica como combustible para dinamizar la comercialización de carros eléctricos, se espera que ese 0,98% de energías no convencionales tenga un crecimiento anual del 2% hasta el 2030, actualmente se tienen 392 proyectos registrados en la UPME para generar energía fotovoltaica, de los cuales 42 ya están en proceso de ejecución. (Grupo Bancolombia, 2019)

En la descripción del problema del estudio de factibilidad, se plantea que entre sus implicaciones está la de contribuir a resolver el problema de un posible racionamiento de energía eléctrica a causa de la disminución del agua, y como una alternativa de reducir el costo por consumo de energía eléctrica para la UNAD, y de manera indirecta otras problemáticas de índole ambiental.

El marco de referencia para el desarrollo del estudio de factibilidad del proyecto de auto-generación, se sustentará ante la UNAD como una opción de inversión que tendrá una rentabilidad intrínseca para la UNAD, que podría conllevar a desarrollar el sistema en un futuro. Igualmente se enmarcará dentro del modelo de formulación y evaluación de proyectos, con el fin de justificar las conclusiones para la toma de decisiones basada en los indicadores financieros como la VAN y la TIR.

La UNAD posee un plan del Mejoramiento de la Gestión, enmarcado dentro de los Programas de Gestión Ambiental como el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica PAUESE, contribuyendo intrínsecamente este concepto de buenas prácticas ambientales, al uso de energía renovable no convencional.

5.3 Marco Normativo

La reglamentación de algunos aspectos de la autogeneración a pequeña escala por parte de la CREG se definió en la resolución 030 de 2018. Muestra de ello es que ya se han otorgado varios permisos y certificaciones que permiten acceder a los incentivos tributarios y fiscales previstos en la Ley 1715, evidenciando el despegue de las energías renovables no convencionales. La experiencia indica que la inversión se recupera en tres o cuatro años. Y el desarrollo de soluciones, pueden llegar a representarles a los clientes una reducción de hasta el 70% del precio del kilovatio, menor consumo de energía, un alto retorno de la inversión (entre 19% y 25%), con tiempos de retorno entre 2 y 4 años, una reducción en las emisiones de carbono, y ante todo la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad de los negocios. (Mauricio Sarria, socio y CEO de Refeel, 2018)

Queda claro que el desarrollo de sistemas de autogeneración que permitan aprovechar la energía solar, ha sido por falta de políticas gubernamentales, por desconocimiento de la información regulatoria o falta de experiencia en el sector, dado que existen beneficios o incentivos para el desarrollo de este tipo de proyectos. (Ministerio de Minas y Energía, 2016)

La generación de energía eléctrica en Colombia durante los últimos 5 años ha presentado en general una evolución creciente. Específicamente para el año 2017, la generación se situó en 66,667.01 GWh, un 1.1 % superior al valor registrado en 2016. Se resalta que para el año 2016 se presentó descenso en el crecimiento de la generación, en

el 2017 se mantuvo la generación de energía por la normalidad de los cambios climáticos de nuestro país, a nivel general sin mucha variación significativa. (XM, 2017)

Para nadie es un secreto que la generación renovable en Colombia, incluye generación hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, y biomasa, mientras que la no renovable incluye generación con combustibles fósiles, entre los cuales está el carbón, gas, combustóleo, ACPM y mezcla de combustibles fósiles. Información que es ratificada por XM S.A E.S.P. (XM, 2017)

De acuerdo con la información de XM S.A E.S.P, nuestro sistema eléctrico hoy es abastecido por Hidroeléctricas en un 86% y por combustibles fósiles (termoeléctricas) en un 13%, en lo que corresponde a la energía solar se generaron 5,39 Gwh sin embargo su representación no llega ni aun 1%. (XM, 2017).

En la actualidad Colombia ha desarrollado un parque para la generación de energía eólica, en el municipio de Maicao del Departamento de la Guajira, utilizando molinos de viento para transformar la energía eólica en energía eléctrica, se clasifica como único con la capacidad de generar una cifra superior a los 100 Mw/h, proyecto administrado por ISAGEN. (El Tiempo, 2018). La empresa EPM también ha realizado un parque Eólico, llamado Jepírachi, ubicado en el cabo de la vela y Puerto Bolívar en la Guajira, con una capacidad de generar 19,5 Mw. (EPM, 2004).

El Grupo ENE, a través de su filial Enel Green Power Colombia (EGPC) ha desarrollado un parque fotovoltaico en el Municipio del paso – Cesar, con la capacidad

de generar 176 Gwh, con una capacidad instalada de 86,2 MW. A su vez el pasado 6 de marzo de 2019 fue inaugurado la granja solar más grande de la Región Caribe, la cual se encuentra en el Departamento de Bolívar, con una capacidad de 8,06 MW, proyecto que fue desarrollado por la Compañía CELSIA. La Empresa CELSIA también desarrollo una planta en Yumbo con una capacidad instalada de 9,8 MW. (Ministerio de Minas y Energia, 2019)

A nivel general en Colombia hay varias empresas con poder financiero y técnico que ya están interesados en desarrollar proyectos de energía fotovoltaica, algunos ya lo han desarrollado, entre los que encontramos las siguientes compañías: Enel Green Power, Isagen, Epsa, Canadian Solar Energy Colombia, Trina Solar Colombia, SPV Villanueva, Guajira Eólica y Solarpack Colombia. Razón que nos permite tener claridad de lo interesante que es el desarrollo del proyecto, así sea a pequeña escala como auto-generadores de energía Solar Fotovoltaica, que nos permiten tener bases sólidas de referencia, para investigar. (La Republica, 2019)

En rangos generales encontramos los siguientes productores de paneles solares: Suntech, First Solar, Sharp Solar, Yingli, Trina Solar, Canadian Solar, Hanwha Solarone, SunPower, Renewable Energy Corporation y Solarworld.

5.4 Marco Contextual.

Se espera realizar el análisis durante el primer semestre del 2019, que permita tener bases sólidas, en cuanto al aspecto técnico, financiero y ambiental, así como sus beneficios y limitaciones; que permitan a la Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD, en

un futuro, desarrollar o ejecutar la creación de un Sistema de Autogeneración de Energía a pequeña escala en la ciudad de Cúcuta y proponer su desarrollo en otras sedes del País. Teniendo en cuenta la información del IDEAM, la ciudad de Cúcuta presenta un grado de irradiación solar entre los (4 a 5 Kwh/m²), siendo un valor óptimo para desarrollar sistemas de autogeneración de energía eléctrica a partir de la fuente solar. (IDEAM, 2019).

5.5 Marco Conceptual

Energía: Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc

Panel o Modulo Solar: Es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar, están formadas por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente

Amperio-hora: Cantidad de carga eléctrica que fluye a través de un circuito por hora.

Diodo de bloqueo: En un sistema con baterías, los diodos de bloqueo impiden que las baterías se descarguen a través de los paneles en ausencia de luz solar.

Célula Fotovoltaica: Dispositivo eléctrico capaz de transformar la energía de la luz en electricidad.

Central Fotovoltaica: Sistema donde se concentra y se mide la potencia que se está generando para ser consumida por el Autogenerador o ser suministrada al OR o SIN.

Contador: Aparato que tiene la capacidad de medir el consumo de energía en una unidad de vivienda.

Controlador de Carga: Es un elemento de las instalaciones fotovoltaicas autónomas. También se le conoce como regulador de carga. Sin embargo, Es utilizado para el proceso de carga de baterías.

Convertidor Continuo - Continua: Dispositivo que transforma la DC de una tensión a otra.

Dimensionado: Proceso para determinar y diseñar correctamente un sistema Fotovoltaico que se adecue a la demanda de energía de una casa, apartamento o edificio.

Integración en edificios (BIPV): Es la vinculación directa entre el consumo de energía en las edificaciones, la incentivación de la eficiencia energética y la integración de las energías renovables, como la energía fotovoltaica.

Efecto Fotovoltaico: Es el que permite transformar la energía solar en energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas.

Eficiencia: Es la potencia total generada por un panel solar sobre la total instalada.

Electrolito: Sustancia o cuerpo que se descompone en la electrolisis experimentan la subdivisión en iones de sus moléculas, igualmente se podría decir es la capacidad de conducir electricidad gracias a la intervención de iones.

Fotón: Partícula mínima de energía luminosa o de otra energía electromagnética que se produce, se transmite y se absorbe. Para el caso de la energía solar, es la transmisión por medio de fotones en forma de ondas electromagnéticas generadas o emitidas por el Sol.

Fotovoltaico (FV): Fuerza electromotriz generada por la acción de la luz.

Generador: Dispositivo capaz de mantener la potencia eléctrica entre dos de sus puntos transformando la energía en electricidad

Inclinación: Grado o Angulo en el que debe estar los paneles solares para recibir la mayor cantidad de energía solar

Inversor: Son convertidores de energía continua, generada por los paneles solares, en corriente alterna, para que de esta manera se pueda transmitir a los circuitos de la red interna de la vivienda o edificio y si es el caso al SIN

Kilovatio (kW): Es una unidad de potencia igual a 100 vatios, esta unidad nos permite calcular la potencia que tenemos a demandar, tomando como referencia la potencia de cada producto multiplicada por la cantidad, como computadores, bombillas, aire acondicionado, tv, etc.

Temperatura de Operación Nominal de la Célula (NOCT): Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica, que afectan directamente la tensión, intensidad y potencia generada por la misma.

Orientación: Dirección en la que deben estar los paneles solares para obtener mayor eficiencia.

Punto de máxima potencia de un Panel: Es el punto de trabajo en el que la potencia entregada por el panel solar a la carga externa, es máxima. No es lo mismo que corriente y tensión máxima.

Radiación Solar: Cantidad de energía electromagnética emitida por el sol, medida en kilovatio hora por metro cuadrado KW/m^2

Regulador: Aparato electrónico utilizado para regular la potencia eléctrica, manteniendo el nivel de tensión constante.

Rendimiento: Es la cantidad de energía transformada por un panel solar sobre la total que puede transformar por hora, está directamente relacionada con la eficiencia.

Silicio: Elemento químico de número atómico 14, masa atómica 28,086 y símbolo *Si*; es un no metal sólido, de color amarillento, que se extrae del cuarzo y otros minerales y es el segundo elemento más abundante en la Tierra después del oxígeno. Elemento utilizado en la fabricación de los paneles solares.

Sistema Aislado o Remoto: Los sistemas de autogeneración aislados o remotos son aquellos que no están interconectados con el SIN, ya sea que se encuentren lejos de la zona de interconexión o que no se desee esta interconectado con la red de distribución de energía eléctrica.

Sistema Conectado a Red: Son los sistemas de Autogeneración que están conectados al SIN acoplado a un inversor que opera paralelamente con el SIN.

Sistema Híbrido: La característica principal es que el sistema es alimentado por dos fuentes de energía como el caso del Autogenerador de energía solar fotovoltaica que están conectados al SIN para vender la energía sobrante o utilizar la energía del SIN si el Autogenerador no es suficiente para satisfacer la potencia demandada.

Tensión de un Circuito Abierto: Es la diferencia de potencia eléctrica entre dos terminales de un dispositivo cuando se desconecta de un circuito eléctrico.

Tensión Nominal: Tensión que no supera el funcionamiento normal de un equipo o una instalación.

Vatio (W): Unidad de potencia, que equivale a la potencia capaz de conseguir la producción de energía igual a 1 julio por segundo. Mide la energía por unidad de segundo.

Vatio Pico: Es la máxima potencia que es capaz de generar un módulo bajo condiciones estándar de iluminación y temperatura. Según Siertem debe haber 1000 vatios por metro cuadrado de irradiación solar, en condiciones estándar.

Voltaje: Potencial eléctrico expresado en voltios, siendo la cantidad de voltios que actúan en un aparato o en un sistema eléctrico, también es conocido como tensión o diferencia de potencial.

Voltio (V): Unidad de potencial eléctrico y forma parte del Sistema Internacional de Medición, utilizada para expresar el potencial eléctrico, la tensión eléctrica y la fuerza electromotriz.

6. Análisis Técnicos

6.1 Energía Solar en Colombia.

Colombia ha ido avanzando en el desarrollo de los métodos de producción de energía, con la construcción de termoeléctricas e hidroeléctricas las cuales generan un impacto ambiental en el ecosistema que las rodea, por esta razón el gobierno busca establecer políticas de gestión ambiental en el ámbito energético, creando proyectos como lo son parques eólicos y sistemas de paneles fotovoltaicos a baja y media producción (Físico. M. S.c Rodriguez Murcia, 2008) (Gomez Ramirez, Murcia Murcia, & Cabeza Rojas, 2017).

El gobierno nacional ha presentado varios proyectos relacionados con el tema uno de ellos es la puesta en operaciones de la planta solar más grande del país ubicada en el municipio del Paso departamento del Cesar la cual cuenta con una generación de 176 Gw/año esto representa en promedio un 80% de la capacidad instalada de la energía solar en Colombia, la cual puede suplir la necesidad eléctrica de una ciudad con Valledupar capital del departamento (Económica, 2019).

Según un informe de El ESPECTADOR la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME y el Ministerio de Minas y Energía estiman que para antes de 2030 cerca de 10% del consumo energético en Colombia va a provenir de proyectos fotovoltaicos o solares, lo que nos da entender que en nuestro país todavía hay mucho camino que recorrer en el desarrollo de tecnologías y aplicaciones que aprovechen la energía del sol, está en un auge con velocidad de crecimiento mínima debido a diferentes factores culturales y políticos dejando un terreno libre para la exploración e implementación de proyectos de este ámbito a media y gran escala, ya que se logra percibir que a nivel residencial en algunas ciudades en clima frío utilizan calentadores solares de agua reduciendo el gasto de energía eléctrica en sus viviendas. (El Espectador, 2017)

6.2 Radiación Solar en Colombia.

Colombia gracias a su ubicación geográfica cuenta con una irradiación solar alta durante un periodo de un año, existen regiones con una mayor tasa que otras como podemos observar en la figura 1 donde se puede visualizar la radiación anual del territorio nacional.

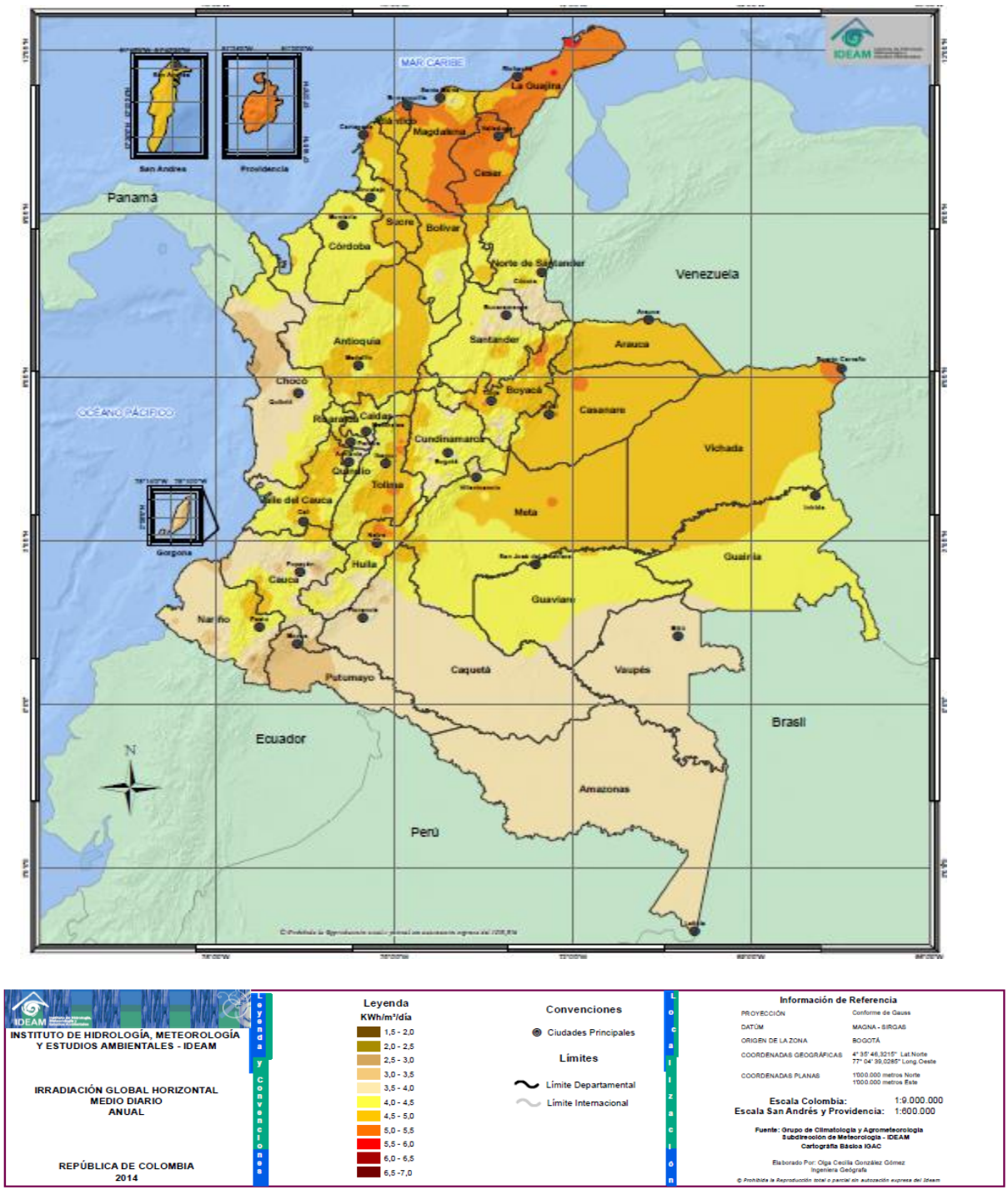


Figura 1. Radiación anual en Colombia año 2014
 Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

6.3 Radiación Solar en Cúcuta.

ESTACION UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (CÚCUTA)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m ²)												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5-6	0,1	0,0	0,2	2,3	5,5	5,0	3,0	2,5	3,4	3,9	2,7	0,3
6-7	31,5	29,7	39,2	67,2	89,6	89,7	79,9	75,0	91,6	91,4	84,0	46,9
7-8	163,5	151,2	148,0	221,1	263,9	271,2	261,4	283,6	320,1	286,8	268,6	186,0
8-9	364,1	345,7	323,3	414,0	467,5	455,2	438,8	499,0	555,8	520,2	493,7	388,5
9-10	574,6	559,3	494,8	635,4	646,2	636,0	631,8	700,6	758,5	719,7	691,6	574,4
10-11	711,4	715,1	608,2	633,0	691,5	645,6	655,9	703,8	785,6	733,8	771,6	693,3
11-12	750,9	709,3	622,2	639,4	707,0	697,1	673,5	689,9	789,8	782,4	785,9	738,9
12-13	754,2	726,9	669,4	664,2	708,3	668,9	695,4	741,6	796,8	775,5	728,6	707,0
13-14	696,1	723,4	652,6	629,7	690,6	663,5	682,0	719,9	773,2	730,3	644,0	655,2
14-15	533,0	603,4	538,2	551,3	579,7	603,8	620,5	651,2	652,1	539,8	477,2	490,4
15-16	302,9	368,6	363,8	353,5	380,0	421,6	445,4	449,4	418,8	273,5	211,8	232,9
16-17	125,9	164,0	170,4	166,6	180,2	209,3	230,4	230,8	173,9	109,9	81,9	96,2
17-18	22,7	34,2	30,5	32,3	33,9	49,8	58,3	49,7	24,3	9,3	5,5	9,6
18-19	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
19-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21-22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22-23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23-0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulada diaria	5030,8	5131,1	4660,8	5009,9	5443,9	5417,0	5476,8	5797,2	6144,0	5576,5	5247,1	4819,7



Figura 2. Radiación solar sobre la ciudad de Cúcuta
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Como se puede observar en la figura 2, la ciudad presenta en promedio un alto índice de radiación solar en unidades en vatios-hora por metro cuadrado (Wh/m^2), el cual se puede aprovechar para la transformación de energía eléctrica.

6.4 Marco Técnico.

Definir las condiciones mínimas y reglamentarias que permitan brindar un soporte de ruta que permita la evaluación técnica de la ejecución del proyecto de instalación de un sistema fotovoltaico en la sede de la UNAD de la ciudad de Cúcuta y sirva como base para realizar las recomendaciones pertinentes del caso.

Tabla 2
Factores y Características de la Instalación

Característica	Descripción
Área de la instalación	232 m ²
Tipo de vivienda	Edificio administrativo de la UNAD
Calidad de la edificación	Excelentes condiciones, un año de antigüedad
Horas de permanencia en las instalaciones	8 horas Diarias * 26 días mes
Zona	Zona Industrial nivel 1
Potencia real promedio día	226 Kw
Potencia estimada hora	28 Kw
Principales equipos electrónicos	Bombillas, Computadores y aires

Para desarrollar un sistema fotovoltaico se requiere cumplir con unos requisitos definidos en la resolución 038 de 2014 de la CREG y el RETIE, los cuales son exigidos por cada Operador de Red, que para el caso es CENS el cual pertenece al Grupo EPM.

(GRUPO EPM, 2018)

- Memorias de cálculo y selección del sistema de medida: Se debe presentar el análisis y cálculo de sistema de acuerdo con los parámetros que se vayan a utilizar, como cantidad de paneles solares en el campo fotovoltaico, circuitos utilizados ya sean en serie y paralelo, así como la cantidad de inversores utilizados en el campo fotovoltaico, esto con el fin de que pueda ser verificado por el operador de red que para el caso sería CENS.
- Esquema de protección de voltaje y frecuencia del punto de conexión.
- El tipo de conexión a tierra tanto para la tecnología de generación como punto de conexión: lo que busca la reglamentación es brindar la mayor seguridad del sistema a la red como al usuario, así como a los técnicos que brinde el

mantenimiento. Previniendo sobrecalentamiento en red, sobrecargas, pararrayos, etc.

- Punto de conexión debe incluir un tipo de protección anti-isla, que garantice que no se inyectara energía a la red mientras ésta permanezca des-energizada.
- Certificación RETIE.
- El sistema de medición deberá tener un certificado de conformidad con el producto RETIE y certificados de calibración vigentes: Según información suministrada por CENS, la UNAD puede comprar el contador bidireccional y el mismo ya viene debidamente con los certificados de calibración.
- Certificado de conformidad de producto RETIE en AC en el punto de conexión:
- EL usuario que no inyecte energía a la red deberá contar con un limitador de inyección.
- Protocolos de prueba del transformador (Cuando Aplique)
- Para los usuarios que inyecten energía a la red deberán contar con un contador bidireccional con registro de horario.

6.4.1 Sistema Solar Fotovoltaico.

Con el fin de analizar y estudiar de manera práctica los temas relacionadas, se debe conocer claramente el funcionamiento del sistema a tratar en el análisis de la viabilidad, para esto es necesario tener un marco técnico donde se definan los parámetros y características que posee la instalación de un sistema de paneles solares.

Hoy se cuenta con varios tipos de generación de energía solar fotovoltaica, los cuales son desarrollados de acuerdo con las necesidades del cliente, estos sistemas son ajustados al requerimiento de quien lo vaya a utilizar, lo que permite ser usados en la zona rural o remotas de la zona urbana, para extraer agua mediante electrobombas, sistemas de iluminación o generar energía eléctrica para alimentar la red para prestar el servicio público dentro de la ciudad. En la figura 3 se muestra 3 tipos de sistemas; uno conectado a la residencia y también sule energía a la red sin respaldo de esta, el híbrido que tiene respaldo de otra fuente de generación de energía o de la red eléctrica y por último el que es totalmente autónomo.



*Figura 3. Tipos de sistemas fotovoltaicos según su configuración.
Fuente: SUN SUPPLY SAS.*

En la figura 4, se observar la forma de aprovechamiento mediante procesos de transformación de energía solar que llega a la tierra por medio de radiación que puede ser directa e indirecta.

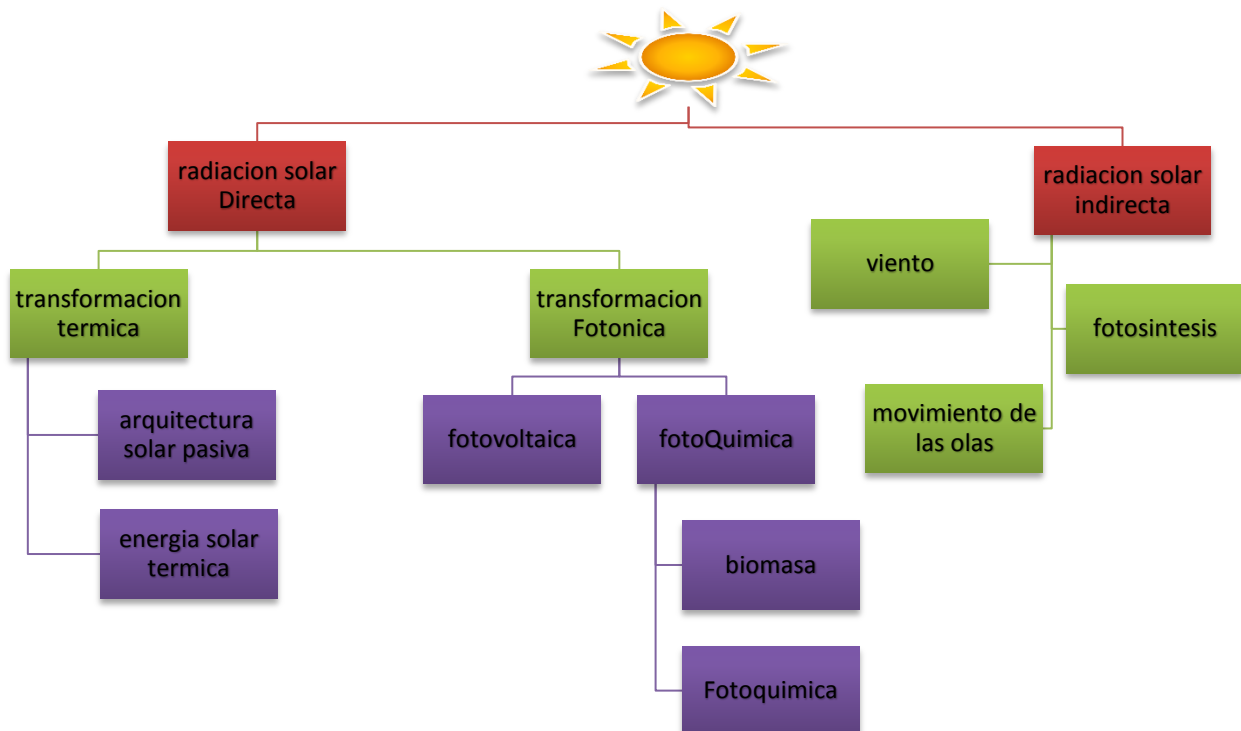


Figura 4. Mapa conceptual transformación de la radiación solar.

A partir de la información vista en la figura 4, es correcto decir que por medio de paneles fotovoltaicos se capta un porcentaje de la energía solar radiada y dependiendo del material y la estructura molecular de los paneles se tiene cierta eficiencia para la transformación a la energía eléctrica.

6.4.2 Componentes.

Un sistema fotovoltaico tiene pocos componentes y son sencillos en el ámbito electrónico como los definidos en la figura 5.

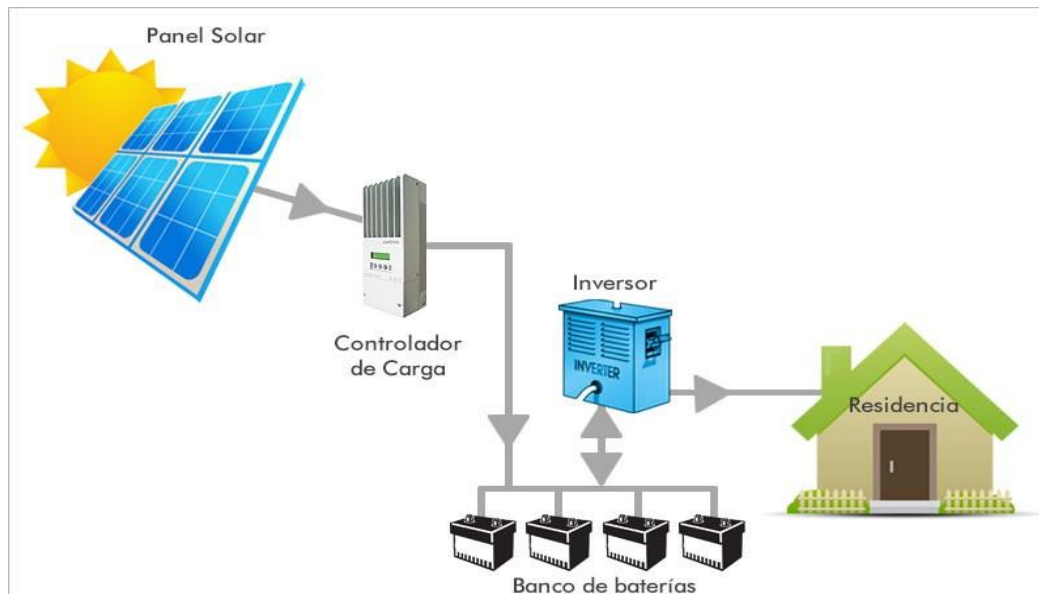


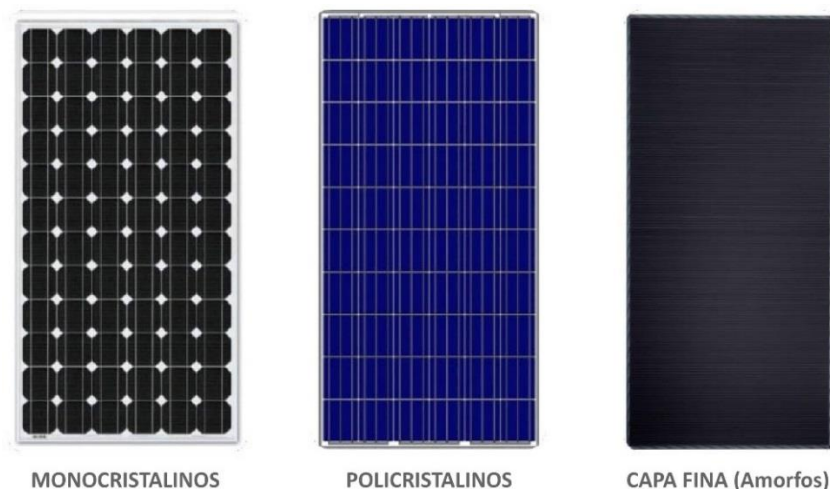
Figura 5. Componentes de un sistema fotovoltaico.
Fuente: D&P INGENIERÍA SAS

El sistema fotovoltaico común y sencillo mostrado en la figura 5, que suministra energía a una casa o residencia el cual se compone de cuatro elementos: Panel solar, Controlador, baterías e inversor, sin embargo, dentro de nuestro estudio trataremos un sistema sin banco de baterías e interconectado a la red.

- **Panel solar fotovoltaico:** también conocido como modulo solar, es el encargado de captar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica, está compuesto de celdas solares de materiales semiconductores como el silicio, que transforman los fotones en electrones (SUN SUPPLY SAS, 2017) (WEB Renovables, S.L.U., 2019).
- **Panel solar monocristalino:** sus celdas tienen una estructura formada por bloques de silicio de forma octagonal, posee una alta pureza en silicio dando un aspecto uniforme y oscuro, posee una mayor eficiencia en comparación con los demás la cual oscila entre 17% y 20%, también tienen mayor vida útil alcanzando unos 30 años, aunque con los avances tecnológicos algunos policristalinos pueden

alcanzar igual vida útil. Su precio aumenta debido a los costos de fabricación y mejores características (Delta Volt SAC, 2019) (Zimmer, 2019).

- **Panel solar policristalino:** la diferencia de los monocristalinos es el método de fabricación disminuyendo el número de fases de cristalización, estos poseen una eficiencia entre 13% y 15% la ventaja que posee es que su coste de fabricación es menos costoso lo cual puede ser un atractivo comercial.
- **Panel solar amorfo o de capa fina:** consisten en montar una capa sobre otra de material fotovoltaico, no solamente están compuestos de silicio sino también de telurio de cadmio (CdTe), de indio, de cobre, de selenio y de galio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Estos poseen una eficiencia $>10\%$ además de un aspecto estético atractivo y buen comportamiento a altas temperaturas. (Delta Volt SAC, 2019) (Serrano & Tritec-Intervento, 2019).



*Figura 6. Tipos de paneles fotovoltaicos
Fuente: Tritec-intervento*

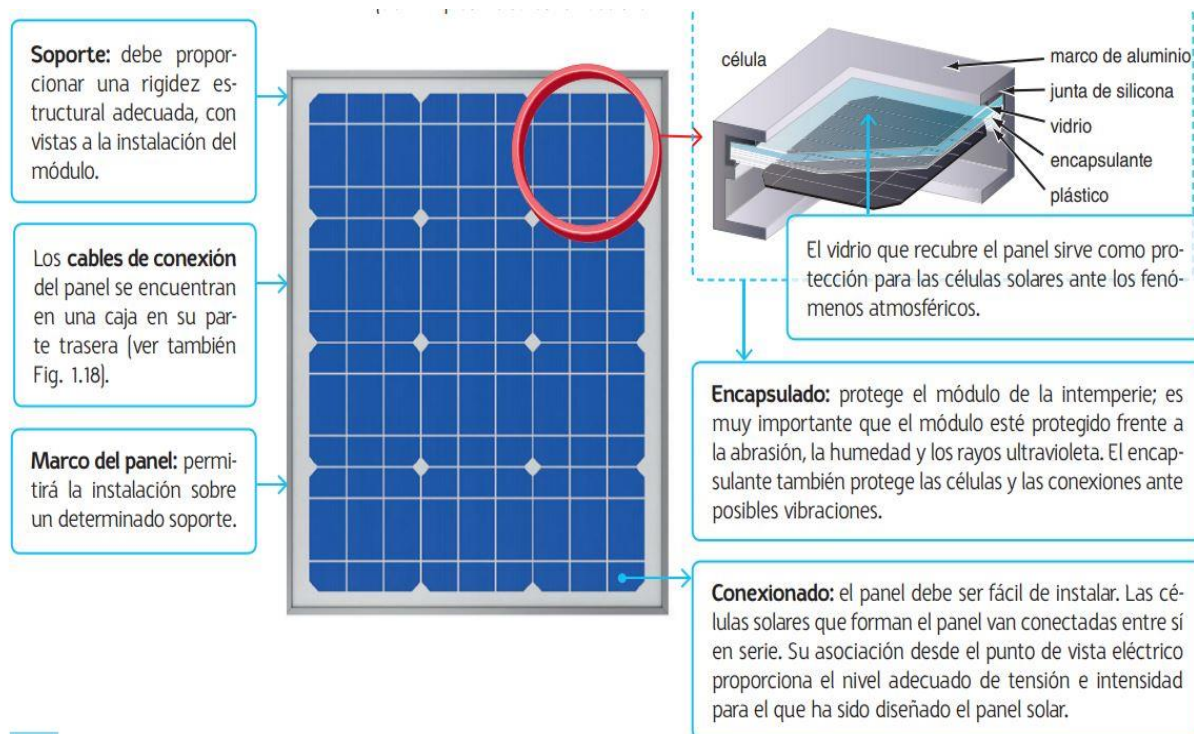


Figura 7. Estructura de un panel solar
Fuente: (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2018)

En la figura 7 se observa las principales características que posee la estructura de un panel solar, donde se da una breve descripción de cada una de ellas.

- **Controlador de carga:** también se conoce como regulador, este dispositivo ayuda a que el sistema sea más eficiente, controlando la energía hacia las baterías alargando la vida útil de estas, protegiendo el sistema de exceso de energía y sobre descargas. Este equipo es distribuido en unos rangos de energía a controlar, para la comodidad del usuario. Algunos controladores pueden medir y registrar datos.



Figura 8. Conexión de un controlador en un sistema fotovoltaico.
Fuente: (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2018)

Para mantener en buen estado el funcionamiento del sistema y garantizar la vida útil de las baterías, se debe tener un controlador de carga para mantener un voltaje constante evitando los picos o que no se supere la capacidad de almacenaje de energía evitando sobrecargas.

- **Bancos de almacenamiento:** son contenedores que almacenan energía eléctrica proveniente de los paneles para luego distribuirla según la necesidad. Las baterías son equipos que debido a sus componentes son capaces de transformar energía química en eléctrica debido a esto existen diferentes tipos.

Tabla 3
Tipos de Baterías según sus Componentes

Tipo de batería	Tensión por vaso (v)	Tiempo de recarga	Auto descarga por mes	Numero de ciclos	Capacidad (tamaño)	Precio
Plomo-Acido	2	816 horas	<5%	Medio	30-50 (Wh/Kg)	Bajo
NiCd (Níquel-Cadmio)	1.2	1 hora	20%	Elevado	50-80 (Wh/Kg)	Medio
NiMh(níquel-Hidruro Metálico)	1.2	24 horas	20%	Medio	60-120 (Wh/Kg)	Medio
Ion Litio	3.6	24 horas	6%	Medio-Bajo	110-160 (Wh/Kg)	Alto

Nota: Tomado de (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2018)

Comercialmente son más comunes las baterías de plomo-acido en las instalaciones de paneles solares, aunque por las características que presenta las de litio se están empezando a utilizar, las cuales se pueden encontrar en los siguientes modelos:

Tabla 4
Tipos de Baterías Utilizadas en Instalaciones Solares

Tipos	Ventajas	Inconvenientes
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclado Profundo. - Tiempos de vida largos - Reserva de sedimentos 	Precio Elevado
Arranque SLI Automóvil	<ul style="list-style-type: none"> - Precio - Disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionamiento frente a ciclado profundo y bajas corrientes - Tiempo de vida corto - Escasa reserva de electrolito.
Solar	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación similar a SLI - Amplia reserva de Electrolito - Adecuada para ciclados medios 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de vida medio - No recomendada para ciclado profundo y prolongado
Gel	<ul style="list-style-type: none"> - Escaso mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de tensión e intensidad

Nota: Tomado de (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2018)

- **Inversor:** es un dispositivo que transforma o cambia la tensión de ingreso de corriente continua a una tensión simétrica de salida de corriente alterna, con los requerimientos de magnitud y frecuencia deseada por el usuario. Se puede decir que la función del inversor en un sistema fotovoltaico es convertir la energía para ser ingresada a la red eléctrica como energía alterna, con el fin de poder conectar diferentes equipos habitualmente utilizados en una residencia.



Figura 9. Componentes de un sistema fotovoltaico.
Fuente: © 2019 por SIICA.

Los inversores están diseñados de acuerdo a los estándares internacionales, donde encontramos monofásico, bifásicos y trifásicos, esto permite al usuario escoger su inversor de acuerdo con las necesidades de conexión que tenga en su empresa o casa, con el fin de poder realizar un acople del sistema con la red sin contratiempos y cumpliendo con los requerimientos RETIE.

- **Sistema de seguridad.** Sin ser menos o más importante los sistemas fotovoltaicos deben contar con una caja que brinde seguridad al sistema como al mismo edificio y usuarios del sistema, esto permite activarse cuando hay rayos donde las fugas de

energía son controladas por los pararrayos, sistema de interruptores. Estas medidas de seguridad son recomendadas que se coloquen antes del inversor, algo parecido como un tablero de tacos, breiker o totalizador, se debería colocar después del inversor, para hacer más seguro el sistema cuando se decida aislar el sistema de la red.

6.4.3 Potencia de un Sistema Fotovoltaico.

Para nuestro caso del análisis se va a utilizar un sistema fotovoltaico interconectado a la red de distribución eléctrica, razón por la cual no requiere de almacenamiento, así como se muestra en el siguiente esquema del sistema.

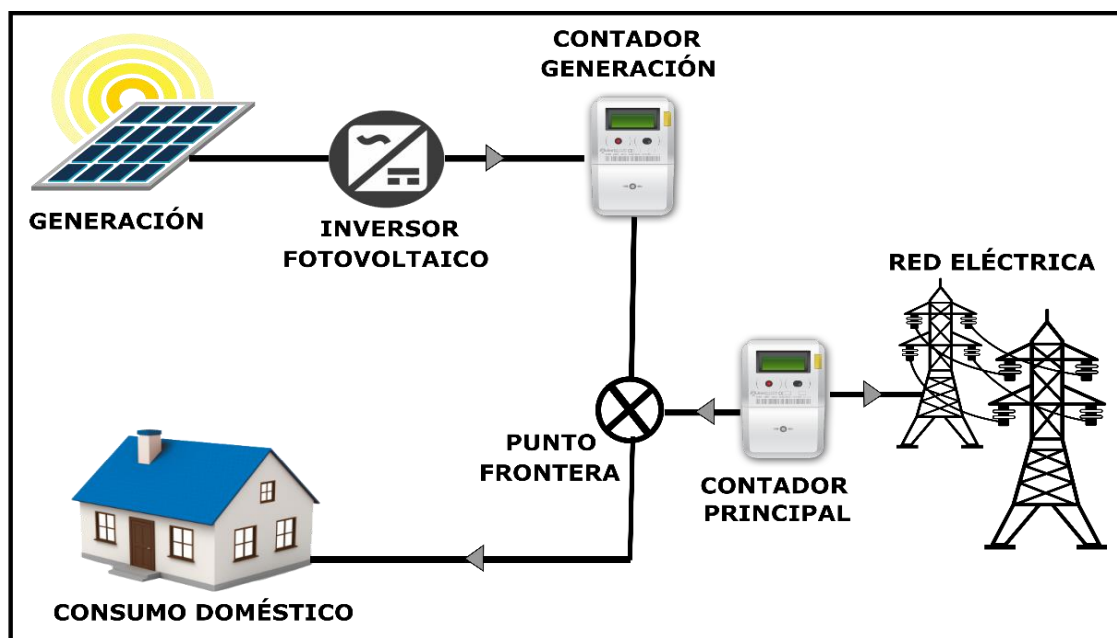


Figura 10. Esquema de un sistema fotovoltaico sin almacenamiento.

Fuente: Gobierno de Canarias.

Este tipo de sistemas cuenta con ventajas frente a otros las cuales son:

- Consumo total de la energía fotovoltaica captada ya que esta se distribuye directamente a la red eléctrica. cuando el usuario no consuma dicha energía en el día este pase a la red.
- Al no tener un banco de baterías se reduce el costo de instalación y mantenimiento, así como la frecuencia de este.
- Reducción de la complejidad a la hora de la instalación.
- Para el cálculo de la potencia eléctrica que puede generar un sistema fotovoltaico se deben tener en cuenta, diferentes factores, lo cual darán un resultado promedio, a continuación, se dará en detalle los factores.
- **Disponibilidad de espacio:** para el caso se cuenta con la infraestructura de la Universidad nacional Abierta y a Distancia UNAD sede Cúcuta, Norte de Santander, donde se tiene proyectado la instalación del sistema, esto va a determinar el número de paneles que se podrán instalar ya que comercialmente los paneles solares no están estandarizados, pero poseen dimensiones similares. Este espacio debe contar con fácil acceso, si es posible que no posea sombras o la mayor parte del día sin ellas.
- **Consumo eléctrico:** es importante conocer el consumo eléctrico en las unidades deseadas, ya que con base a esto y en conjunto con el espacio disponible, se puede determinar si el sistema fotovoltaico puede suplir la necesidad y además inyectar energía al sistema eléctrico.

- **Tipo de panel solar:** cada tipo de panel solar posee una eficiencia diferente lo cual nos indica que para generar una potencia eléctrica se pueden necesitar más o menos paneles según el tipo.

Otro de los factores es la radiación solar que esta depende de la ubicación geográfica, ya que, debido a esto se debe tener una orientación e inclinación a los paneles solares y es un tema que se debe tomar más a detalle.

9.4.4 Orientación e Inclinación de los Paneles Solares.

Para una mayor captación de la radiación solar, el panel deber tener una inclinación y orientación que va, dependiendo de la posición del sol, la cual varía según la latitud donde nos encontramos globalmente. Colombia se encuentra en el trópico y zona ecuatorial razón que nos privilegia, lugar donde la energía solar es superior, además no se cuenta con estaciones climáticas que afecten la cantidad de horas de sol al día como se puede observar en la siguiente imagen.

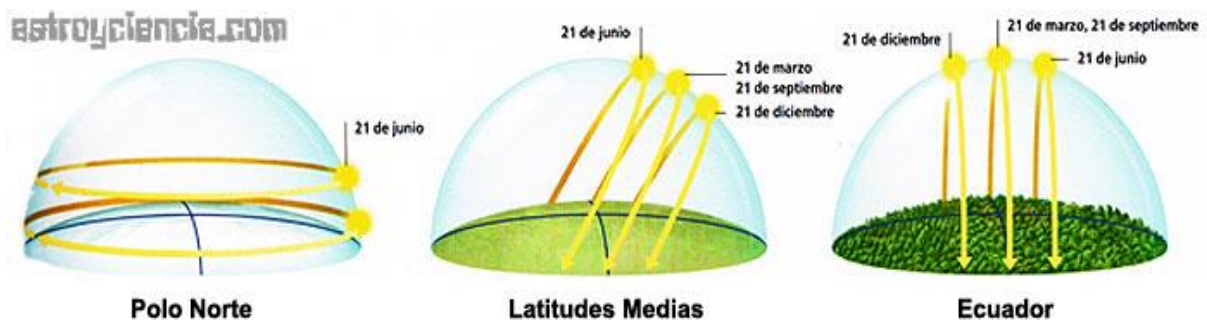


Figura 11. Movimientos del sol en diferentes épocas del año y latitudes
Fuente: <http://avivirconciencias.blogspot.com/p/en-primer-lugar-hagamos-una-muy-breve.html>

La orientación recomendable en la instalación de paneles es a hacia el sur con una inclinación entre 10° y 15° así se evita la acumulación de suciedad y agua, esto para tener una óptima captación de la energía, aunque depende de la arquitectura y geometría del espacio de instalación.

Se hace esta recomendación ya que así se podrá obtener una mayor perpendicularidad del ángulo de incidencia de la radiación con el panel solar, así de esta manera si tiene una mayor captación de la energía solar.

Cada panel solar trae en su ficha técnica la potencia nominal (W_p) de generación, lo cual es la energía que transforma en condiciones estándares como lo son 1000 W/h a 25°C.

La potencia de un sistema fotovoltaico es la potencia que se necesita generar, que se relaciona con la potencia instalada con la cual se calculara el número de paneles para generar esta potencia, esto se hace con la siguiente formula: (Tobajas, 2018)

$$N_{panel} = \frac{P_n}{W_p * HSP}$$

Dónde:

N_{panel} : cantidad de paneles solares.

P_n : Potencia necesaria o requerida.

W_p : Potencia pico o nominal del panel solar.

HSP : Horas Solar Pico

9.4.5 Conexión de los Paneles.

La conexión del campo fotovoltaico depende de las necesidades del cliente y de ello depende la escogencia del tipo de inversor, donde puede requerirse uno o varios inversores o por el contrario se utilicen micro-inversores, aquí se deja las opciones de conexiones del campo fotovoltaico que se podría presentar.

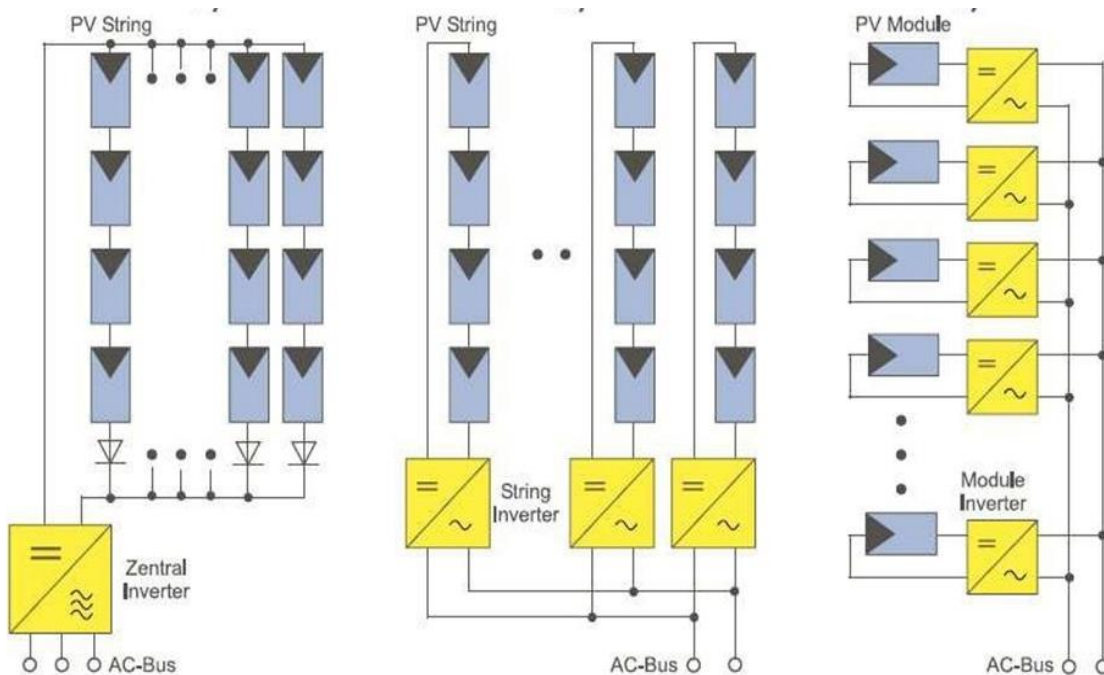


Figura 12. Tipos de conexiones de paneles solares

De acuerdo con la figura 12, se divide en 3 secciones o 3 tipos de circuitos, donde la primera opción se ven varias líneas de paneles conectados en serie y cada línea termina en paralelo con un inversor central para el sistema, en la segunda opción cada línea de paneles solares conectados en serie termina con un inversor por cada línea y la energía AC se conecta en paralelo, mientras que en la tercera opción cada panel tiene un inversor que termina la conexión en paralelo. Cada una de las conexiones tiene sus ventajas y

desventajas, una de las mejores opciones es la tercera; por razones simples, si un inversor falla el sistema continua operando o si un panel falla igual el sistema sigue funcionando y se logra identificar rápidamente cual punto del sistema está presentando la falla; mientras que en el primer sistema es muy difícil identificar si hay paneles que están fallando o por el contrario si se daña el inversor el sistema queda fuera de servicio hasta tanto no sea reemplazado el inversor.

9.4.6 Normatividad.

En Colombia existen leyes y normas las cuales establecen marcos legales al igual que instrumentos que promueven el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, especialmente las renovables, lo que hace promoción a la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía. En el año 2014, fue aprobada por el Congreso de la República de Colombia la Ley 1715 de 2014, “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, Ley por la cual se expide el marco normativo colombiano para la promoción y desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia.

Tabla 5
Algunas normas expedidas por el gobierno y entidades delegadas por la ley.

Norma	Descripción
Decreto 2492 de 2014	Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda
Decreto 2469 de 2014	Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración
Decreto 2143 de 2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014
Resolución UPME 0281 de 2015	Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala
Resolución CREG 024 de 2015	Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)
Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 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 030 de 2018	Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional
Resolución CREG 015 de 2018	Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional
<u>Decreto Ministerio de Minas y Energía 348 de 2017</u>	Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala

Nota: la ley 1715 de 2014 delega diferentes instituciones públicas como la Como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y la Unidad de Planeación Minero Energética para la regulación y planeación de los sistemas de generación energética. Datos obtenidos de cada uno de los decretos y resoluciones asociados a la ley. (Hernandez, 2019).

10 Análisis de la Potencia Instalada

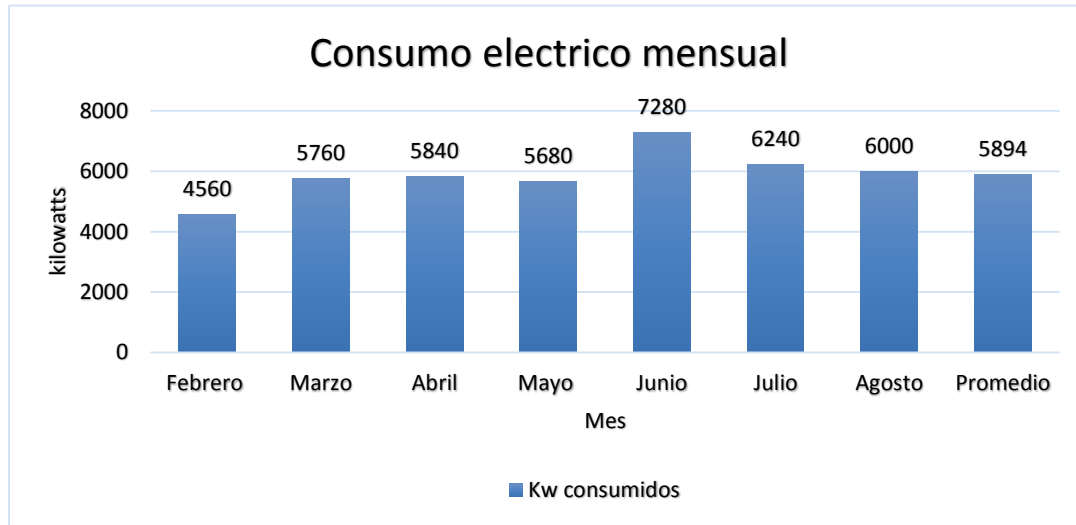
Con el fin de definir la cantidad de paneles solares, se puede realizar el inventario de los equipos y objetos de consumo de energía eléctrica de la Sede de la UNAD en la Ciudad de Cúcuta para conocer la potencia proyectada, para definir el estudio técnico y financiero, o en su defecto tomar como referencia el consumo de energía mes según factura.

Se debe analizar el promedio de horas en que operan los equipos eléctricos, los días muertos, así como el rango horario de operación, esto con el fin de obtener un cálculo de una potencia proyectada y real. Igualmente, se debe analizar el estado de las instalaciones, ya que las nuevas construcciones se enfocan en aprovechar la iluminación natural durante el rango de operación o laboral.

10.1 Consumo Eléctrico Proyectado.

Para el cálculo de la potencia instalada se hace una sumatoria de cada uno de los equipos eléctricos dando como potencia nominal 128 Kw/h, sin embargo, es de aclarar que no todos los equipos permanecen encendidos durante las horas laborales o de operación de la UNAD, por esta razón, en el caso que se desee conocer la potencia proyectada se debe multiplicar la potencia de cada equipo por las horas promedio de operación del equipo y hacer la sumatoria, eso le permitirá conocer al investigador la potencia proyectada día (Kw/día).

10.1.1 Consumo de Energía Real.



*Figura 13. consumo eléctrico en diferentes meses.
Fuente. Factura eléctrica.*

De la figura 13 se obtiene el consumo eléctrico diario, tomando el valor promedio mensual durante 7 meses de lectura, el cual es 5894 Kw y en promedio día se consume 196.46 Kw considerando 30 días del mes y 227 Kw considerando nulos los 4 domingos del mes y 28 Kw/h considerando que la mayor generación y picos se presentan en el horario de operación (8 horas día). Igualmente se podría trabajar con el mayor pico que presenta la facturación de 7.280 Kw, con un promedio día de 280 Kw, considerando que este consumo se genera en los 26 días laborables del mes y 35 kw/h, suponiendo que las mismas se generan dentro de las 8 horas laborables.

10.1.2 Cantidad de Paneles por Área Disponible.

Un factor importante es la disponibilidad del área, ya que los paneles ocupan gran espacio. La sede de la UNAD cuenta con gran espacio para realizar el montaje de los paneles, sin embargo, cuenta con construcciones al sur de su delimitación que pueden afectar en un futuro la luz solar, produciendo sombra sobre los paneles solares. El edificio cuenta con una disponibilidad de techo con un área de:

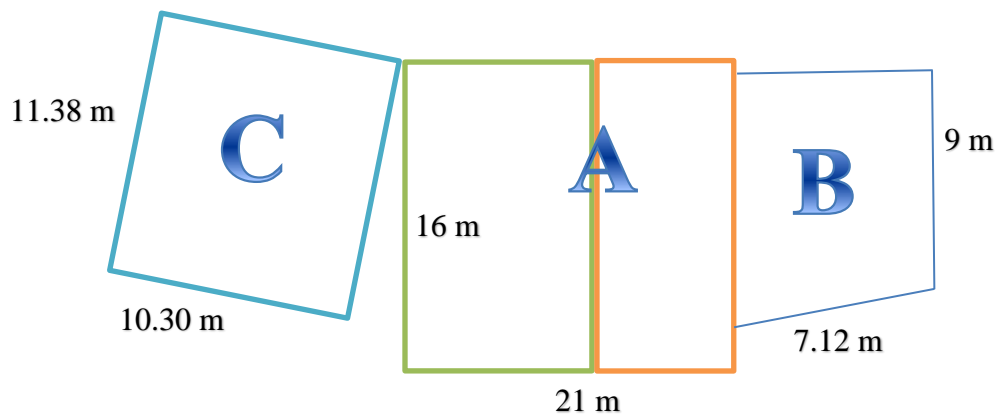


Figura 14. Área disponible de techo..
Fuente. Planos UNAD

De acuerdo con las dimensiones del techo se tiene un área 336 m^2 como opción (A), seguida de 64 m^2 como opción (B) la cual se puede ampliar adecuando área hasta el límite de las escaleras y como tercera con una adecuación de estructuras un área de 117 m^2 como opción (C).

Engineering Drawings

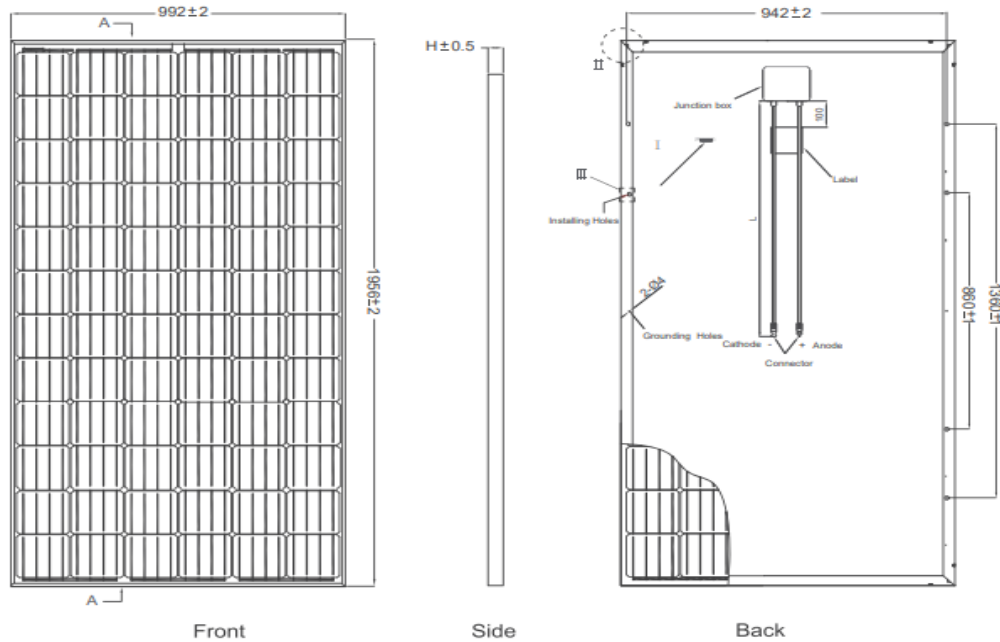
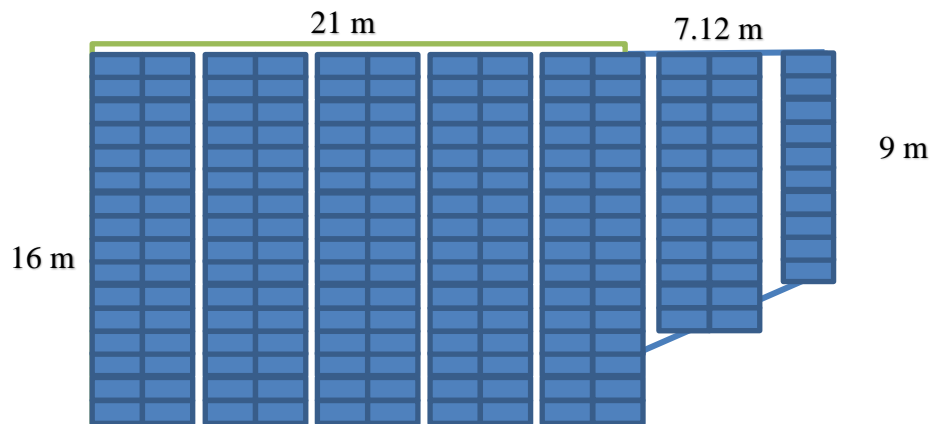
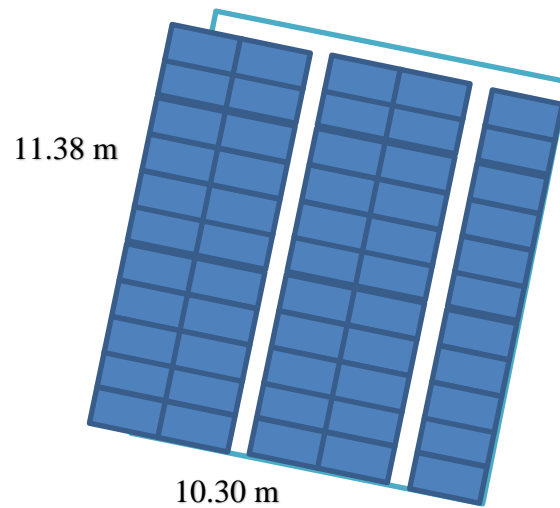


Figura 15. Características de un panel solar.
Fuente: Suncolombia. Panel Solar-JINKO-JKM340M-72(Plus)

Partiendo que las dimensiones del panel de 99.2×195.6 cm, para la primera área se obtiene una disponibilidad de 160 paneles, un espacio de 50 cm para mantenimiento y un volado de 50 cm hacia la opción B, en el área de la opción B se pueden instalar 34 paneles.





*Figura 16. Áreas A, B y C de referencia.
Fuente: Autor*

En el área C o de cafetería, se pueden instalar 55 paneles solares, en 5 líneas de 11 paneles con una separación de 50 cm para el mantenimiento. En esta zona los paneles brindarían sombra para los estudiantes y personal vinculado a la universidad que haga uso de la cafetería.

En el área disponible para la instalación de paneles, se pueden instalar 265 paneles de 340 w, con las dimensiones de 99.2*195.6 cm, de dicha cantidad se requiere instalar 158 paneles, por ende, se puede utilizar el techo de la biblioteca donde fácilmente se podrían instalar 160 paneles. Por esta razón se decide realizar el análisis para la evaluación financiera con 160 paneles.

10.1.3 Numero de Paneles Consumo Real

Para el cálculo se deben tener en cuenta el tipo de panel que se desea utilizar, así como la radiación solar en la Ciudad de Cúcuta.

Tabla 6

Radiación Solar en la Ciudad Cúcuta

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Promedio acumulado diario	5030,8	5131,1	4660,8	5009,9	5443,9	5417	5476,8	5797,2	6144	5576,5	5247,1	4819,7
Wh/m ²												

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM340M-72(Plus)		JKM345M-72(Plus)		JKM350M-72(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	340Wp	254Wp	345Wp	258Wp	350Wp	262Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.7V	36.8V	38.9V	37.0V	39.1V	37.2V
Maximum Power Current (Imp)	8.79A	6.89A	8.87A	6.98A	8.94A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	47.1V	45.5V	47.3V	45.8V	47.5V	46.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.24A	7.33A	9.31A	7.38A	9.38A	7.46A
Module Efficiency STC (%)	17.52%		17.78%		18.01%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C					
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)					
Maximum series fuse rating	15A					
Power tolerance	0~+3%					
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C					
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C					
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C					
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C					

*Figura 17. Características de un panel solar.
Fuente: Suncolombia. Panel Solar-JINKO-JKM340M-72(Plus)*

De la figura 17 y la tabla 6 se obtienen los datos necesarios para calcular el número de paneles que se requieren para generar la potencia requerida para el consumo real según lecturas de los últimos 6 meses. Se hacen los cálculos en base de un panel de 340 W para efectos de análisis financiero y desarrollo del proyecto

- Potencia nominal (W_p): 340W
- Radiación solar (HSP): se toma el mes con menor promedio acumulado diaria de radiación el cual es marzo con 4,6608 HSP.
- Potencia Consumida (Consumo diario P_n): 227 Kw

Ahora calculamos el número de paneles solares con la potencia instalada: (Tobajas, 2018)

$$N_{panel} = \frac{P_n}{W_p \times HSP}$$

$$N_{panel} = \frac{227 \text{ KW}}{0.34 \text{ KW} * 4.6608} = \frac{227}{1,584} \cong 143 \text{ paneles}$$

143, es la cantidad de paneles monocristalinos de 340W que son necesarios para suplir las necesidades de energía eléctrica promedio requerida para la operación de la sede de la UNAD de la ciudad de Cúcuta, para su funcionamiento durante 26 días promedio del mes con 8 horas laborables día, así como del área disponible, picos observados en la facturación, como de las pérdidas que pueda tener el sistema, se realizara el análisis sobredimensionado con 160 paneles solares. Algunos autores adicionan un factor a la fórmula para sobredimensionar el sistema, sin embargo, en este caso se omitió dado que se utiliza el calcula para referenciar un número posible de paneles con base a un promedio de facturación sin mayores detalles. (AutoSolar, 2018)

Calculo del número de paneles solares con la potencia Consumida:

Tabla 7

<i>Numero de Paneles Según su Potencia Consumida</i>				
Potencia Panel solar W	Cantidad	Precio Unitario USD	Precio Unitario en COP	Referencia
200	242	\$ 80	\$ 460.000	(Alibaba, 2019)
280	173	\$ 112	\$ 425.000	<u>Mechatronics Design SAS.,</u> (Alibaba, 2019)
330	146	\$ 132	\$ 665.676	<u>Solar Tech.,</u> (Alibaba, 2019)
340	143	142,64 €	\$ 405.000	Suncolombia, (Alibaba, 2019)
400	121	177,80 €	\$ 850.000	(TECHNO SUN, 2019), (Alibaba, 2019)

Nota: tabla donde se muestra la cantidad necesario de paneles que se necesitan dependiendo de su potencia nominal, también se da una comparación del valor comercial que tiene cada uno. Fuente autor, precios tomados de www.mecadolibre.com.co para la moneda colombiana y si, se da la opción de importar se tomó como referencia la página <https://spanish.alibaba.com/> donde en promedio el precio por vatio es de 0.4 dólares.

10.2 Inversor

Para la selección del inversor adecuado para el sistema fotovoltaico, se tiene en cuenta la potencia máxima que pueden generar en una hora los paneles, también asumir un rendimiento del 90% ya que los equipos en la práctica no funcionan al 100%, teniendo estos valores se hace un producto y en base al resultado se elige el inversor.

$$P_i = W_{pan} \times 0.9$$

P_i = potencia del inversor.

W_{pan} = potencia que generan los paneles en una hora.

Entonces:

$$W_{pan} = 160 \times 340 = 54.4 \text{ kW}$$

$$P_i = 54.4 \times 0.9 = 48.96 \text{ kW}$$

El valor de P_i es la potencia fotovoltaica máxima que va entrar teóricamente al inversor en corriente continua, el cual este dato se observa en la ficha técnica del equipo,

también para efectos de selección se calcula la potencia consumida en una hora ya que esta tiene que ser menor a la potencia nominal de salida del inversor que se va a escoger.

Potencia consumida día: 226 kW.

Potencia Consumida Hora: 28,25 kW

Tabla de datos	
Modelo	Solis-50K-HV
Entrada (CC)	
Potencia máxima de entrada CC (kW)	60
Tensión de entrada CC (V)	1100
Voltaje DC nominal (V)	720
Tensión de salida (V)	200
Rango de tensión MPPT (V)	200-1000
Corriente máxima de entrada(A/B/C/D)	22A+22A+22A+22A
Max. Corriente de cortocircuito para cada MPPT (A)	34.3+34.3+34.3+34.3
Número de MPPT / String por MPPT Input	4/A:2; B:2; C:2; D:2
Salida (CA)	
Potencia nominal de salida (kW)	50
Potencia máx de salida aparente (kVA)	55
Tensión nominal de la red (V)	480
Frecuencia nominal de la red (Hz)	50/60
Fases de operación	Tres
Corriente nominal de salida de red (A)	60.2
Corriente de salida (A)	66.2
Factor de potencia (la potencia de salida nominal)	0.8 Adelantado ... 0.8 Atrasado
THDI (la potencia de salida nominal)	<3%
Eficiencia	
Eficiencia máxima	99.0%
Eficiencia EU	98.72%
Eficiencia MPPT	>99.9%

Figura 18. Características del inversor.

Fuente: ficha técnica inversores Solis-(40-70)K,Solis-50K-HV (SOLIS, 2019)

Según la imagen 15, el inversor que se acomoda a las especificaciones necesarias es el Solis 50K-HV, ya que tiene como máxima potencia de entrada 60 kW y de salida 50 kW teniendo un precio en promedio en el mercado internacional de 2070 dólares que equivalen a unos \$ 7.136.325 pesos colombianos. Se pueden encontrar otras marcas y modelos que tiene las mismas características a diferente precio.

La selección del inversor depende de las características de la instalación fotovoltaica, como lo es el tipo de conexión del sistema fotovoltaico, la potencia generada por el sistema y la generada por el inversor, el voltaje requerido por el cliente, sistema de RED que tiene instalado el cliente (trifásico, bifásico o monofásico), este análisis lo debe realizar la persona en cargada de realizar el diseño y montaje del sistema fotovoltaico. Para continuar con el análisis financiero se toma como referencia el Inversor de la figura 15 que cumple con el parámetro del voltaje recibido del sistema y el requerido por la red del cliente.

10.3 Transformador

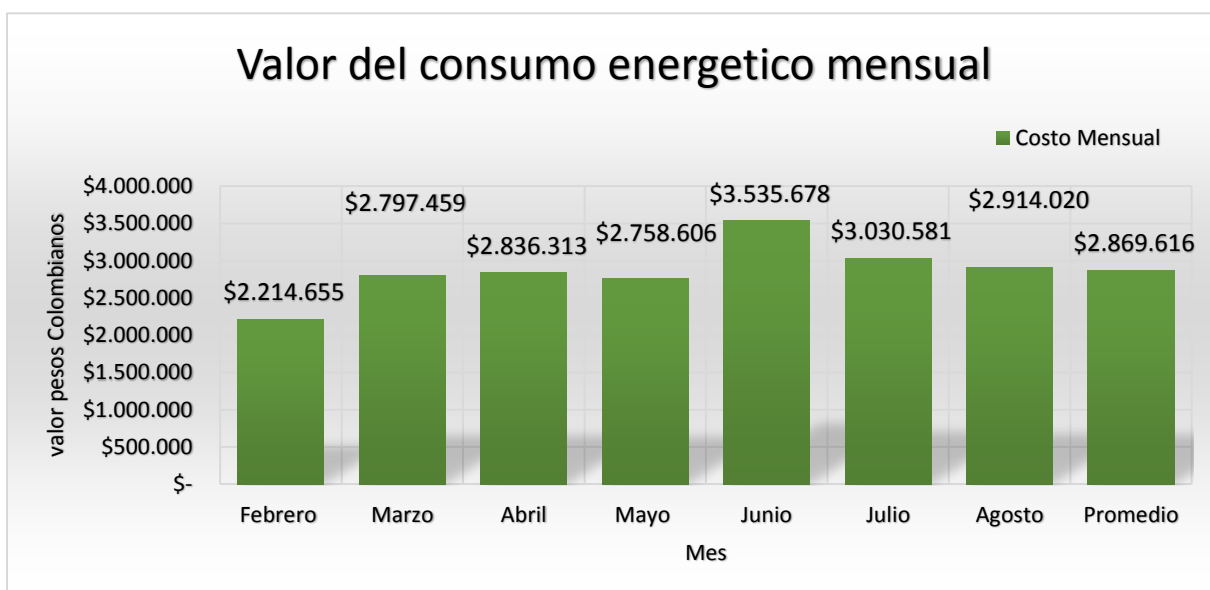
Es recomendable utilizar un transformador en seco, con el fin de mantener los niveles de energía constantes, porque un transformador en seco, estos son utilizados a los interiores de hospitales, centros comerciales, hoteles, etc, ya que evitan los riesgos de incendios y contaminación presente en los transformadores de aceite

Al momento de la escogencia del transformador se debe observar las necesidades del proyecto, para el caso específico la carga que genera el mayor consumo son la iluminación, computadores y aires, por lo que se utiliza 220/120V.

El ruido de estos es el mínimo, sin embargo es recomendable colocarlos en un cuarto aislados, utilizando amortiguadores de vibraciones para el montaje y evitar que el mismo quede en cerca de los lugares de trabajo.

11 Análisis Financiero.

Para lograr un estudio de factibilidad para la inversión del proyecto se deben tener en cuenta ciertos datos, en este caso el consumo eléctrico que se tiene en el edificio, así como equipos, infraestructura, servicios y mano de obra necesaria para la instalación y operación de lo proyectado.



*Figura 19. Costo mensual del consumo eléctrico.
Fuente. Factura eléctrica.*

En la figura 19 se observa el consumo de potencia eléctrica en kilovatios, datos obtenidos en la factura eléctrica que proporciona la empresa Centrales Eléctricas Del Norte de Santander S.A E.S.P. la cual posee una tarifa de cobro por Kilowatts hora (kw/h) de \$ 485.67 pesos colombianos (COP), regulada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, donde el valor de consumo mensual energético del primer semestre del año 2019 contando el mes de agosto se observan la figura 15.

11.1 Inversiones

Como punto de partida vamos a realizar los cálculos teniendo en cuenta que se requiere producir 70.728 Kwh anuales según histórico de facturación o de consumo, con un precio de \$486 por Kwh, se tomara como referencia el 3.18% de inflación.

Tabla 8
Inversión en Maquinaria y Equipo de Producción

DETALLE DE INVERSIÓN INVERSIONES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	VIDA UTIL (años)
Panel solar 350W	160	\$ 405.000	\$ 64.800.000	5
Estructura para panel solar	160	\$ 120.000	\$ 19.200.000	5
inversor solis 50 K - HV	1	\$ 7.136.325	\$ 7.136.325	5
medidor bidireccional	1	\$ 760.000	\$ 760.000	5
cable fotovoltaico tipo pv ul4703	500	\$ 2.962	\$ 1.481.000	5
cable media tensión 15 kv 90°c xlpe	200	\$ 23.000	\$ 4.600.000	5
Conector panel solar Mc4	160	\$ 4.100	\$ 656.400	5
Gabinete 40*60	1	\$ 250.000	\$ 250.000	5
Barras de cobre 1,5 m *8 mm Diam	3	\$ 600.000	\$ 1.800.000	5
Imprevistos	1	\$ 6.480.000	\$ 6.480.000	
Mantenimiento	20	\$ 1.200.000	\$ 24.000.000	
Certificado RETIE	1	\$ 2.380.000	\$ 2.380.000	
Costo de Diseño, Montaje e instalación	1	\$ 16.000.000	\$ 16.000.000	
Total			149.543.325	

En la tabla 8 se observa el valor de inversión en maquinaria y equipos estimados dentro del estudio de generación de energía fotovoltaica para un sistema de autogeneración de energía con 160 paneles de 340 W. Dentro de los servicios de mano de obra para la instalación, el servicio de Ingeniería y la Certificación RETIE por un valor \$18.380.000, que incluiría todo el trámite de administrativos para conexión del sistema fotovoltaico a la Red Administrada por CENS, estudio, diseño y montaje del sistema.

Tabla 9
Gastos por Depreciación Activos de Producción

ACTIVO	VIDA UTIL	COSTO ACTIVO	DEPRECIACION ANUAL					VALOR RESIDUAL
			1	2	3	4	5	
Panel solar 350W	5	\$ 64.800.000	\$ 12.960.000	\$ 12.960.000	\$ 12.960.000	\$ 12.960.000	\$ 12.960.000	\$ -
Estructura para panel solar	5	\$ 19.200.000	\$ 3.840.000	\$ 3.840.000	\$ 3.840.000	\$ 3.840.000	\$ 3.840.000	\$ -
Inversor solis 33 K	5	\$ 7.136.325	\$ 1.427.265	\$ 1.427.265	\$ 1.427.265	\$ 1.427.265	\$ 1.427.265	\$ -
Medidor bidireccional	5	\$ 760.000	\$ 152.000	\$ 152.000	\$ 152.000	\$ 152.000	\$ 152.000	\$ -
Cable fotovoltaico tipo pv ul4703	5	\$ 1.481.000	\$ 296.200	\$ 296.200	\$ 296.200	\$ 296.200	\$ 296.200	\$ -
Cable media tensión 15 kv 90°c xlpe	5	\$ 4.600.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ -
Conector panel solar Mc4	5	\$ 656.000	\$ 131.200	\$ 131.200	\$ 131.200	\$ 131.200	\$ 131.200	\$ -
Gabinete 40*60	5	\$ 250.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ -
Barras de cobre 1,5 m *8 mm Diam	5	\$ 1.800.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ -
Imprevistos	5	\$ 6.480.000	\$ 1.296.000	\$ 1.296.000	\$ 1.296.000	\$ 1.296.000	\$ 1.296.000	\$ -
TOTAL, ACTIVOS DE PRODUCCION			\$ 21.432.666	\$ 21.432.666	\$ 21.432.666	\$ 21.432.666	\$ 21.432.666	\$ -

De conformidad con el estatuto tributario estos equipos se deprecian a 10 años, sin embargo, por ley 1715, este tipo de proyectos gozan de una depreciación acelerada que no supera el 20%, tal como se muestran en la Tabla 9. Se hace la salvedad que el valor del transformado no se incluyó dentro de los costos de inversión dado que es opcional y a decisión del inversionista para una mayor seguridad del sistema, el valor del transformador puede estar entre los 5 y 10 millones de pesos dependiendo del fabricante, es recomendable un transformador en seco, que es menos contaminante, silencioso y seguro para este tipo de edificaciones.

Tabla 10
Distribución de Costos

Costo	Costo Fijo	Costo Variable
Mano de Obra directa		\$ 16.000.000
Servicios	\$ 2.380.000	
Depreciación	\$ 21.411.346	
Mantenimiento		\$ 1.200.000
Subtotal	\$ 23.812.666	\$ 17.200.000
TOTAL	\$ 23.812.666	\$ 17.200.000
COSTOS TOTALES		\$ 41.012.666

Ya se conoce el valor por Kw, la cantidad de Vatios a producir duran el año según las necesidades de la Universidad, los costos establecidos en la tabla anterior permiten identificar el costo variable unitario, dividiendo el costo variable total entre las unidades a producir durante el primer año ($17.200.000/70.728=243$)

$$Q_0 \text{ (pto equilibrio)} = \frac{\text{Costo fijo}}{\text{Precio de Venta} - \text{Costo variable unitario}} = 98.203$$

Tabla 11
Valores de Punto de equilibrio

Factor	Valor
PRECIO DE VENTA	\$ 485.67
unidades a producir	70.728
Costo fijo	\$ 23.812.666
Costo variable total	\$ 17.200.000
Costo variable unitario	243.19
Q₀ (pto equilibrio)	98.203

De acuerdo con las condiciones para que el punto de equilibrio sea correcto se identifica que la cantidad de unidades donde hay equilibrio es menor a la cantidad total a producir; el precio de venta es mayor al costo unitario variable. Se estima que a los 17 meses de haber entrado en operación el sistema de autogeneración alcance un punto de equilibrio entre los costos totales de operación y los ingresos totales.

Tabla 12
Presupuesto De Ingresos o flujo de Ahorro

Años	1	2	3	4	5	6	7	20	Total
Total ingresos Operacionales	34.350.468	35.442.813	36.569.894	37.732.817	38.932.720	40.170.781	41.448.212	62.265.518	940.097.273

Aunque el proyecto puede tener una vida útil superior a los 25 años dependiendo de los factores ambientales, como de los insumos utilizados para desarrollar el sistema fotovoltaico, como parámetro se proyectaron los ingresos a 20 años, arrojando un ingreso de \$940.097.273 millones de pesos, con un incremento de acuerdo con la Inflación de referencia, esto sin tener en cuenta el rendimiento de los paneles solares ni el incentivo del 50% de la inversión.

Tabla 13
Presupuesto De Costos De Producción (términos constantes)(cifras en Pesos)

Concepto	Años					
	0	1	2	3	4	5
Depreciación	\$ 0.00	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666
Subtotal Costos Directos	\$ 0.00	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666
Servicios y otros	\$ 18.380.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Subtotal Gastos generales de producción	\$ 18.380.000	0	0	0	0	0
Total, Costos De Producción	\$ 18.380.000	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666

Aunque el presupuesto está en términos constantes, en el año cero varía dado que se toma el valor de ingeniería (Diseño, montaje y puesta en operación) y certificado RETIE como si el proyecto fuese a ejecutarse, dado que hay que estimar este costo para obtener datos más confiables.

11.2 Flujo de operaciones.

Tabla 14

Flujo neto de operaciones sin financiamiento (términos constantes)(cifras en Pesos)

Concepto	Años				
	1	2	3	4	5
Total ingresos	34.350.468	35.442.813	36.569.894	37.732.817	38.932.720
Total costo operacionales	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666
Utilidad operacional	12.917.802	14.010.147	15.137.228	16.300.151	17.500.054
Menos impuesto	4.262.875	4.623.348	4.995.285	5.379.050	5.775.018
Utilidad neta	8.654.927	9.386.798	10.141.943	10.921.101	11.725.036
Mas depreciación	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666	21.432.666
Mas amortización de diferidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo neto de operación	30.087.593	30.819.464	31.574.609	32.353.767	33.157.702

El proyecto se puede ejecutar por la inversión directa del interesado con recursos propios en un 100%, o en el caso que no cuente con el total de los recursos podría trabajarse con un crédito para financiarlo, esta financiación se puede llevar a 5 o 10 años. Igualmente hay que evaluar la capacidad de inversión como de endeudamiento, así como el nivel de consumo energético. Igualmente es de aclarar que la inclusión del valor del transformador no afecta la viabilidad financiera del proyecto, el único efecto que produce el mismo es que el punto de equilibrio sea un poco mayor y que la recuperación de inversión se prologue unos meses que no superan los 5.

11.3 Punto de equilibrio

Habiendo identificado el punto de equilibrio mediante la formula

$$Q_0 \text{ (pto equilibrio)} = \frac{23.812.666}{486 - 243} = 98.203$$

Tenemos que donde se presenta una diferencia de cero entre los ingresos y los costos totales, es cuando las ventas son de \$47.694.105 que para el caso representa el ahorro, para un consumo de 98.203 Kw y en un tiempo aproxima de 17 meses manteniendo un promedio de consumo constante.

Tabla 15

Datos Agrupados Para Calcular Punto De Equilibrio.

Unidades	Costo Fijo	Costo Variable	Costo Total	Ingreso Total
70.728	\$ 23.812.666	\$17.200.000	\$40.991.346	\$34.350.468
80.000	\$ 23.812.666	\$19.454.813	\$43.246.159	\$38.853.600
90.000	\$ 23.812.666	\$21.886.664	\$45.678.010	\$43.710.300
98.203	\$ 23.812.666	\$23.881.439	\$47.694.105	\$47.694.105
100.000	\$ 23.812.666	\$24.318.516	\$48.109.862	\$48.567.000
110.000	\$ 23.812.666	\$26.750.368	\$50.541.714	\$53.423.700
120.000	\$ 23.812.666	\$29.182.219	\$52.973.565	\$58.280.400

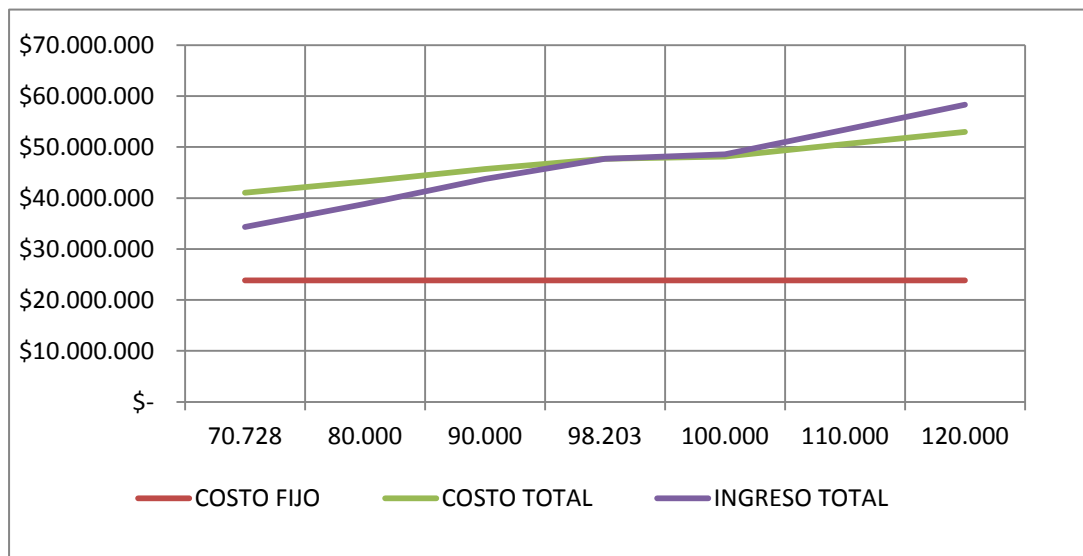


Figura 20. Punto de Equilibrio
Fuente: Autor

Se entiende que por debajo de 98.203 Kw no sería rentable desarrollar un sistema fotovoltaico con las condiciones normales anteriormente descritas, ya que los ingresos serían menores a los costos, sin embargo, es posible y viable llevar la amortización a 10 años y definir un punto de equilibrio a largo plazo. Por encima de **98.203 Kw** se empiezan a presentar utilidades (Beneficios del sistema para la UNAD) dado que los ingresos son mayores a los costos y gastos, sin embargo, esta utilidad es para seguir amortizando la inversión. Otro factor que nos permite concluir que el punto de equilibrio es correcto, dado que las unidades identificadas son menores a las requeridas durante la vida útil del proyecto que es de 20 años, sin embargo, sigue siendo menor a las requeridas en dos años de 141.456 Kw; el precio de venta es menor que el costo variable unitario, por ende, se cumple todas las condiciones para afirmar que el punto de equilibrio es correcto.

11.4 Análisis de la VPN y TIR

11.4.1 VPN

La inflación proyectada para el 2019 es de 3,180% y no se aspira tener un % de ganancia sino su facturación en cero; por ende, su tasa de oportunidad es igual a la inflación.

$$TIO = i + f + if$$

I= Premio al Riesgo (Se considera entre el 10% y el 15%)

F= Inflación

$$TIO = (0,0) + (0,03180) + (0,0 * 0,03180) \quad TIO = 3.18\%$$

Tabla 16
Valor Presente Neto VPN

Resultados	Explicación
V.P.N. (i) > 0 Indica	* El proyecto es financieramente atractivo y se debe aceptar.
(i)= Tasa de Oportunidad	* El dinero invertido en el proyecto rinde una rentabilidad superior a la tasa de oportunidad.
V.P.N. (i) < 0 Indica	* El proyecto permite obtener una riqueza adicional igual VPN en relación con la que se obtiene al invertir en otra alternativa.
	* El proyecto no es financieramente atractivo y se debe rechazar.
V.P.N (i) = 0 Indica	* La rentabilidad del proyecto es inferior a la tasa de oportunidad
	* El proyecto produce pérdida igual al VPN en comparación con los resultados que se
	* Es indiferente aceptarlo o rechazarlo
	* La rentabilidad que produce igual a la tasa de oportunidad, o sea el mismo rendimiento que produce la otra alternativa.

Tabla 17
Flujo Financiero Neto Del Proyecto Sin Financiamiento (Términos constantes)

Concepto	Años					
	0	1	2	3	4	5
Flujo neto de inversión	\$ -149.543.325	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo neto de operación	\$ -	\$ 30.087.593	\$ 30.819.464	\$ 31.574.609	\$ 32.353.767	\$ 33.157.702
Flujo financiero neto del proyecto sin financiamiento	\$ -149.543.325	\$ 30.087.593	\$ 30.819.464	\$ 31.574.609	\$ 32.353.767	\$ 33.157.702

Tabla 18
Valor Presente Ingresos

Año	1	2	3	4	5	Valor Presente Ingresos
Valor Presente	\$29.160.296	\$30.819.464	\$ 28.744.278	\$ 28.545.836	\$ 28.353.509	\$ 479.740.632

Valor Presente De Los Egresos

Se toma el valor de las inversiones, para este caso \$ -149.543.325

$149.543.325/(1+0.10)^0$	\$	149.543.325	Valor Presente Egresos
VPN =	Valor Presente Ingresos	MENOS	Valor Presente Egresos
	\$ 480.205.861	MENOS	\$ 149.543.325
VPN	\$ 330.662.536		45%

Figura 21. Valor Presente de Ingresos y Egresos

Fuente: Autor

Este resultado nos indica que el proyecto es viable, que el dinero invertido ofrece un rendimiento superior al 45% y el VPN para la UNAD sería de \$330.197.307. Igualmente se puede apreciar que, en caso de ejecutarse el proyecto, la universidad estaría recibiendo tres pesos por cada peso invertido, sin tener en cuenta la recuperación del 50% de la inversión a través de las declaraciones de renta.

11.4.2 TIR

La TIR es la rentabilidad que producen los dineros invertidos en el proyecto, los proyectos son aceptables y rentables cuando la TIR es mayor a la Tasa de Oportunidad

Tabla 19
Calculo De La TIR Sin Financiamiento En Términos Constantes

Negativo					
Años	1	2	3	4	5
F=	\$ 30.087.593	\$ 30.819.464	\$ 31.574.609	\$ 32.353.767	\$ 33.157.702
i=	21%	1,21			
n=	20				
Potencia	1,21	1,46	1,77	2,14	2,59
	\$ 24.865.779	\$ 21.050.109	\$ 17.823.044	\$ 15.093.271	\$ 12.783730

Tenemos que el VPN de los egresos es de -\$149.543.325, con un $i=21\%+1=1.21$, lo que nos traduce en un valor de \$148.969.420, para este % la VPN es negativa -\$541.142

Tabla 20
Calculo VPN Positiva

Años	1	2	3	4	5
F=	\$ 30.087.593	\$ 30.819.464	\$ 31.574.609	\$ 32.353.767	\$ 33.157.702
i=	20%	1,20000			
n=	20				
potencia	1,20	1,44	1,728	2,0736	2,48832
	\$ 25.072.994	\$ 21.402.406	\$ 18.272.343	\$ 15.602.704	\$ 13.325.337

Tenemos que el VPN de los egresos es de -\$149.543.325, con un $i=20\%+1=1.2$, lo que nos traduce en un valor de \$155.978.032, para este % la VPN es Positiva \$6.434.707.

Tabla 21
Ajuste de la TIR por Interpolación

Diferencia Entre Tasas Utilizadas	Suma Del VPN En Valores Absolutos	% Del Total	Ajuste Al Porcentaje De Diferencia	Tasas Ajustadas TIR	TIR
21%	-\$ 541.142	100%	1,00	174	20,9%
20%	\$ 6.434.707	0%	0,00	174	
1%	-\$ 5.893.565	100%	1,00		

Se puede determinar que $TIO = 3.18\%$ es menor que la $TIR=20.9\%$, por ende, el proyecto es rentable para ser ejecutado por la UNAD, o por cualquier otra entidad que cumplan con los parámetros iniciales.

11.4.3 Relación costo beneficio

Con el fin de dar un dato adicional, dentro de los indicadores calculamos la relación costo beneficio entre $VPI/VPE = 3,2$ siendo un valor mayor a 1, que nos confirma que el proyecto es viable y se debería hacer realidad el proyecto.

11.5 Evaluación de Factibilidad financiera

Tabla 22
Evaluación De Proyecto

Año	Precio W	Mantenimiento	Rendimiento	KW- Anual	Ingresos	Depreciación	Ahorro
1	486	19.580.000	100%	70.728	\$ 34.373.808	\$21.432.666	-6.638.858
2	501	1.236.000	99%	70.021	\$ 35.050.972	\$21.432.666	\$12.382.306
3	516	1.273.080	98%	69.321	\$ 35.741.476	\$21.432.666	\$13.035.730
4	531	1.311.272	97%	68.627	\$ 36.445.583	\$21.432.666	\$13.701.645
5	547	1.350.611	96%	67.941	\$ 37.163.561	\$21.432.666	\$14.380.285
6	563	1.391.129	95%	67.262	\$ 37.895.683	\$-	\$36.504.555
7	580	1.432.863	94%	66.589	\$ 38.642.228	\$-	\$37.209.366
8	598	1.475.849	93%	65.923	\$ 39.403.480	\$-	\$37.927.632
9	616	1.520.124	92%	65.264	\$ 40.179.729	\$-	\$38.659.605
10	634	1.565.728	91%	64.611	\$ 40.971.269	\$-	\$39.405.542
11	653	1.612.700	90%	63.965	\$ 41.778.403	\$-	\$40.165.704
12	673	1.661.081	89%	63.325	\$ 42.601.438	\$-	\$40.940.357
13	693	1.710.913	88%	62.692	\$ 43.440.686	\$-	\$41.729.773
14	714	1.762.240	87%	62.065	\$ 44.296.468	\$-	\$42.534.227
15	735	1.815.108	86%	61.445	\$ 45.169.108	\$-	\$43.354.001
16	757	1.869.561	85%	60.830	\$ 46.058.940	\$-	\$44.189.379
17	780	1.925.648	84%	60.222	\$ 46.966.301	\$-	\$45.040.653
18	803	1.983.417	83%	59.620	\$ 47.891.537	\$-	\$45.908.120
19	827	2.042.920	82%	59.023	\$ 48.835.000	\$-	\$46.792.081
20	852	2.104.207	81%	58.433	\$ 49.797.050	\$-	\$47.692.842
TOTAL, AHORRADO							\$674.914.943
INCENTIVO LEY 1955- ART 174							\$53.581.665
BENEFICIO EN FACTURACIÓN							\$728.496.608

Realizando un análisis con un decrecimiento en el rendimiento de los paneles, el incremento del costo de mantenimiento, el incremento gradual del valor del Kw durante los 20 años, como el incentivo definido De la ley 1715 y modificado por el artículo 174 de la ley 1955, se logra establecer que después de haberse recuperado la inversión, la UNAD obtendría un beneficio de \$728.496.608. Igualmente se determina que al sexto año se habría recuperado la inversión. Este análisis no tiene el valor del transformador ya

que el mismo es opcional para mantener un control adicional de la regulación de los niveles de energía

12. Impacto Ambiental.

El sol como fuente de energía permite la generación de electricidad de forma limpia y amigable con el ambiente, para tener una noción de que tan verídico sea, se darán observaciones del impacto ambiental, que puede haber en la creación de un sistema de autoagresión de energía fotovoltaica, visto desde la fase construcción, operación y culminación.

12.1 Construcción.

En la instalación de sistemas fotovoltaicas lo que implica mayor impacto ambiental son los paneles solares, tanto en el proceso de manufactura que conlleva la fabricación de estos, así como el manejo de residuos después de culminar la vida útil, en esta fase hablaremos del afecto en el ambiente a la hora de producir celdas fotovoltaicas, se habla, que en gasto energético de producción es poco frente a lo que pueden generar en su vida útil.

La energía que se utiliza para la producción de paneles solares proviene de fuentes no renovables en gran mayoría de combustibles fósiles, aunque los avances tecnológicos ayudan a reducir el consumo energético se estima que por cada metro cuadrado de módulos monocristalinos de silicio se consumen entre 1470 kWh y 4580 kWh, es energía que según estudios se tiende a recuperar de 2 a 3,5 años con la generación de los paneles (Fylladitakis, 2016) (Terra.org, 2010), también se debe tener en cuenta que en Colombia Según el Foro – “Bogotá se Conecta con la Energía Limpia y Enfrenta el Cambio

Climático” de la empresa Gaia Servicios Ambientales S.A.S una termoeléctrica a Gas natural tiene un factor de emisión de 400gCO₂/Kh y una a carbón 1kgCO₂/kWh aproximadamente. Esta empresa a realizados cálculos los cuales arrojaron resultados del promedio de emisión de CO₂ por kilovatio hora de electricidad en Colombia para el año 2012 de 0.124 KgCO₂/kWh y para el 2013 de 0.192 KgCO₂/kWh (CELSIA S.A E.S.P, 2014).

12.2 Operación.

En la fase de operación y funcionamiento de un , algo que es evidente y se recalca en diferentes estudios de impacto ambiental ya que se utiliza como fuente primaria la radiación solar dando como resultado un ahorro de 0,53 kg de CO₂ por cada kWh de electricidad producida, teniendo consecuencias positivas para el medio ambiente; al igual que la salud humana disminuyendo enfermedades relacionadas con las emisiones de gases contaminantes, de ahí la denominan energía limpia, silenciosa , abundante, sostenible y renovable. Lo único que se debe tener en cuenta es la utilización de terreno, ya que dependiendo de factores geográficos y ubicación se llegarán a necesitar 40 mil metros cuadrados para la generación de un megavatio donde se puede argumentar la pérdida de hábitat o terreno cultivable, pero, este tipo de instalaciones se pueden situar en ecosistemas áridos o casi desérticos aprovechando la mayor cantidad de sol posible. (Hosenuzzaman, Rahim, Selvaraj, Hasanuzzaman, Malek, & Nahar, 2015) (Fylladitakis, 2016).

12.3 Culminación.

Cada uno de los componentes de un sistema fotovoltaicos tiene un final de su vida útil el cual debe ser reemplazado para que el sistema siga funcionando con las características que fue diseñado, la mayoría de estos equipos pasan a ser residuos electrónicos con materiales reutilizables en el ciclo productivo, así como químicos perjudiciales para el ambiente y la salud humana, dejando claro que se debe hacer un óptimo manejo de estos productos haciendo uso de las tecnologías emergentes del reciclaje de productos electrónicos. Si tomamos como referencia un Panel solar el cual implica en volumen el mayor residuo de una planta fotovoltaica, este es fuente de vidrio, metales, algunos polímeros y hasta el silicio, un reto que la humanidad tiene que empezar a afrontar debido a que cada vez toma más fuerza el uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica, hoy en día el reciclaje de un panel solar se hace al 88% de todos sus componentes. También se debe tener en cuenta el mercado local de las materias primas que se reciclan ya que así se puede garantizar el óptimo reciclado para obtener ganancia o remuneración de este (Shin, Park, & Park, 2017) (Choi & Fthenakis, 2010) (Profesionales, 2018).

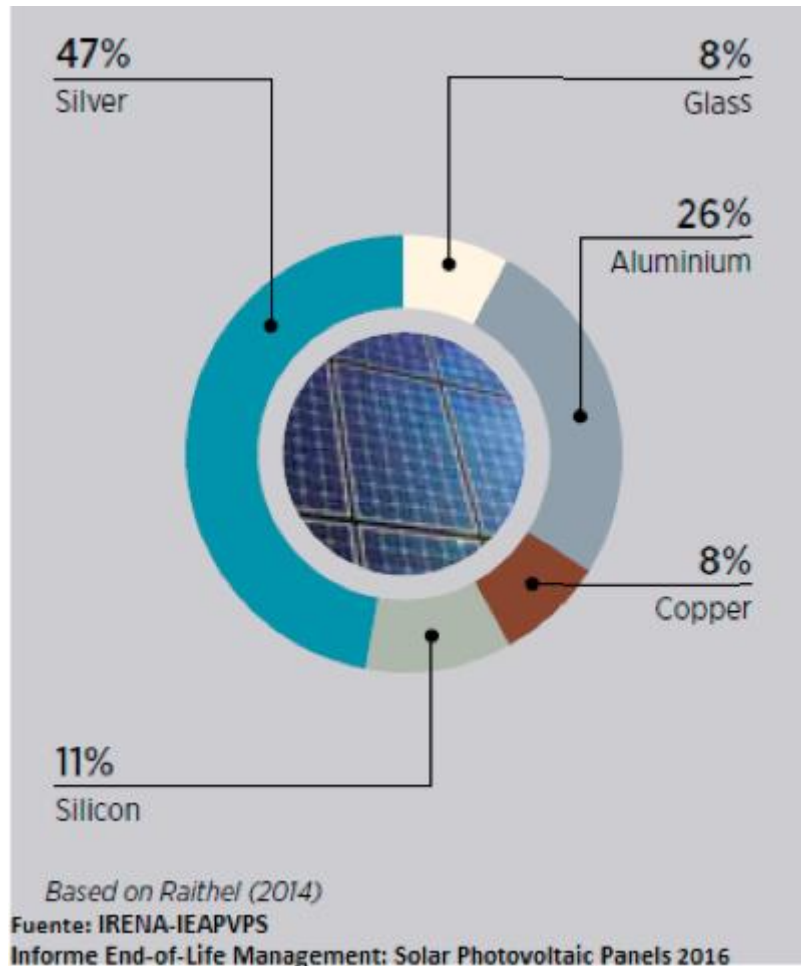


Figura 22. Porcentaje Relativo de Componentes de un Panel.
Fuente: <https://www.tsolar.com/es/noticias/reciclaje-de-paneles-fotovoltaicos.html>

En la figura 22 se puede observar cada uno de los metales que están presentes en un panel solar, así como el porcentaje de vidrio y silicio, cabe resaltar que también pueden traer resinas poliméricas.

13. Recomendaciones

Utilizar paneles de última tecnología y alto rendimiento o con eficiencia superior al 20%, con una vida útil superior a 20 años y una garantía igual o superior a los 20 años, que su flujo de rendimiento no se deteriore con el tiempo, según sulfields se ha realizado un análisis de los mejores paneles solares a nivel Mundial y se recomienda la marca SumPower, LG Neon R y OAU. (Alonso Lorenzo, 2018)

Realizar la importación de los paneles solares, dado que es más económico importarlos que comprarlos a las empresas nacionales que se encargan del proceso de distribución o ventas al por menor. Pero al contratarse el montaje e instalación, la empresa realizaría todo el proceso, razón por la cual quedaría descartada la importación.

Todos los cálculos son tomados para referenciar unos valores globales en el estudio financiero, sin embargo, al momento de realizar el proyecto y escoger los equipos necesarios. Hay que ver en detalle la parte técnica del diseño y conexión del sistema fotovoltaico, así como el mismo debe ser ejecutado o supervisado por un profesional y/o empresa con certificación.

Colombia es un país con potencial para desarrollar granjas fotovoltaicas y sistemas fotovoltaicos interconectados a la red o autónomos. Ya el gobierno ha avanzado en el proceso reglamentario de pequeños, medianos y grandes auto-generadores de energía limpia. Ahora hay que cambiar el chip a los Colombianos para dejen de utilizar las energías contaminantes por energías renovables y limpias; que a su vez les permitan reducir los costos por consumo, aliviando el bolsillo de los usuarios de la energía eléctrica.

Conclusiones.

La inversión no superan los 150 millones de pesos, costo que para una entidad o microempresa que su facturación supere los 2 millones de pesos en energía eléctrica, puede llegar a solicitar un crédito para financiar este tipo de proyectos y a su vez realizar aplicación a los incentivos normativos y reducir el valor de la inversión en un 50%, amortización que la puede realizar en un periodo de 5 años, sobre la declaración de renta.

Analizado el indicador de costo beneficio podemos afirmar que la UNAD estaría percibiendo 3 pesos por cada peso invertido, esto conlleva a que la UNAD reduzca a cero el costo por el servicio de energía eléctrica para la operación de la sede de la Ciudad de Cúcuta, a partir del sexto año la inversión se habría recuperado y durante más de 15 años la sede la UNAD se beneficiaría del sistema, permitiendo un ahorro dentro de sus costos no operacionales transformándolo en una rentabilidad económica, como una gestión administrativa, así como dentro de su modelo de gestión ambiental sus indicadores mejorarían sustancialmente.

Para determinar la cantidad de paneles se evaluaron los aspectos técnicos como área disponible, demanda de energía de la sede de la UNAD de acuerdo con la facturación emitida por CENS y análisis de la potencia instalada, hechos que nos llevaron a concluir que la cantidad de paneles necesario para suplir la demanda de potencia requerida por el edificio de la sede de la UNAD en la ciudad de Cúcuta, se deben instalar 160 paneles de 340 W, de los 142 requeridos, la razón se justifica en la perdidas que tiene el sistema y que edificio no se encuentra operando al 100%.

De acuerdo con el análisis de la parte técnica y financiera se logra identificar que en ambos aspectos resulta viable la ejecución del proyecto, ¿Porque? En la parte técnica, se cumple con el área para realizar la instalación de los paneles fotovoltaicos, el edificio donde está ubicada la Universidad es nuevo y cuenta con las respectivas certificaciones eléctricas y planos eléctricos, existe la reglamentación que permite realizar este tipo de sistemas. En la parte financiera los indicadores nos muestran que el proyecto es interesante y rentable para quien desee ejecutarlo, que, para el caso beneficiaria a la UNAD, o en su defecto cualquier entidad que se asemeje a los parámetros aquí analizados.

Desde el modelo de gestión ambiental que maneja la UNAD, el proyecto no afecta de manera directa la gestión interna, sin embargo, si lo hace de manera indirecta ya que la UNAD está contribuyendo a disminuir las emisiones de gases de invernadero por la generación de energía eléctrica a través de la termoeléctrica, dado que Norte de Santander consume dicha energía, igualmente este es una de las razones que sea un poco más costosa que la energía generada por Hidroeléctricas, que en promedio es de 20 Kg de CO₂ por los 55 Kwh, cifra que sumada durante un año es muy representativa. (CeroCO₂, 2019)

Que este sea uno de los primeros pasos para que las universidades, empresas y microempresas comiencen a realizar inversión en autogeneración de energía fotovoltaica, ya que, en la mayoría de entidades de servicios, su operación la realizan durante el día siendo favorable, ya que en el día es donde se puede utilizar los rayos del sol para realizar la conversión de la energía solar en energía eléctrica.

Después de haber ejecutado la evaluación técnica, financiera y ambiental, se identifica la importancia de realizar un cambio de mentalidad sobre la utilización de energía renovable no convencional, ya que resulta de suma importancia evidenciar resultados favorables en la parte financiera, al igual que ambientalmente es amigable con el medio ambiente desde el punto de diseño, montaje y puesta en marcha del sistema de autogeneración. Sin embargo, su desventaja es que no es posible brindar un suministro permanente de energía; igualmente si lo observamos desde la fabricación de las células fotovoltaicas, hay un grave impacto ambiental, el cual se ha venido corrigiendo con el tiempo, dado que hay poca investigación en el campo para reducir la emisión de contaminantes.

Bibliografía

- Fisico. M. S.c Rodriguez Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería, Universidad de los Andes*, 83-89.
- CELSIA. (2019). Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/aprobada-primer-licencia-para-la-generacion-de-energia-solar-527487>
- Alatorre, G. (1997). *Laeta*. Recuperado el 07 de 2019, de <http://www.laneta.apc.org/gea>.
- Alibaba. (2019). Recuperado el 11 de 2019, de <https://spanish.alibaba.com/g/sunpower-solar-panels-price.html>
- Alonso Lorenzo, J. A. (2018). *Sunfields*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/>
- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- ANLA. (14 de 03 de 2019). ANLA. Obtenido de <http://www.anla.gov.co/Noticias-ANLA/ANLA-aprueba-primer-licencia-para-generacion-de-energia-fotovoltaica>
- ANLA. (14 de 03 de 2019). ANLA. Recuperado el 2019, de <http://www.anla.gov.co/Noticias-ANLA/ANLA-aprueba-primer-licencia-para-generacion-de-energia-fotovoltaica>
- AutoSolar. (16 de 08 de 2018). *Auto Solar*. Recuperado el 10 de 01 de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/ejemplo-de-calculo-del-numero-de-paneles-fotovoltaicos-necesarios-para-una-vivienda-en-valencia>

Canarias, G. d. (20 de Agosto de 2019). *gobierno de Canarias*. Obtenido de Herramientas de Analisis para Sistemas de Autoconsumo Fotovoltaico:

<https://www3.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/temas/autoconsumo/>

CELSIA S.A E.S.P. (2014). *INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO AÑOS 2012 Y 2013*. Medellin.

CeroCO2. (2019). Obtenido de <https://www.ceroco2.org/calculadoras/electrico>

Choi, J.-K., & Fthenakis, V. (2010). Economic Feasibility of Recycling Photovoltaic Modules. *Journal of Industrial Ecology* 14(6), 947-964.

CREG. (20 de Junio de 2019). *Comisión de Regulación de Energía y Gas*. Recuperado el 2019, de www.creg.gov.co

Delta Volt SAC. (18 de Agosto de 2019). *Delta Volt* . Obtenido de Paneles Solares, Tipos y Eficiencias: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>

Díaz Corcobado, T., & Carmona Rubio, G. (2018). *INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS*. España: McGraw-Hill.

Economica, R. (7 de Abril de 2019). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de Economía. Sefortalece la energía solar en Colombia :

<https://www.elespectador.com/economia/se-fortalece-la-energia-solar-en-colombia-articulo-849271>

El Espectador. (28 de 11 de 2017). *El Espectador*. Recuperado el 2019, de <https://www.elespectador.com/economia/empresa-francesa-dice-que-granjas-solares-son-alternativa-energetica-para-colombia-articulo-725615>

- Energías Renovables. (04 de 2020). *Panorama*. Recuperado el 2020, de www.energias-renovables.com/panorama/los-costes-de-la-energia-solar-fotovoltaica-20180115
- Fylladitakis, E. (2016). *Impactos Ambientales de los Distemas Fotovoltaicos*. Londres: Brunel University Reino Unido.
- Garcia, M. L., & Vergara J, M. R. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *revista de investigación y experiencias didácticas*, 7.
- Gomez Ramirez, J., Murcia Murcia, J. D., & Cabeza Rojas, I. (2017). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS. *Universidad de Santo Tomas*, 1-19.
- Grupo Bancolombia. (05 de 03 de 2019). *Grupo Bancolombia*. (M. C. Arango, Productor) Recuperado el 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>
- GRUPO EPM. (2018). Recuperado el 2019, de <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/RA9-001%20Conexi%C3%B3n%20AG-GD%20al%20SDE%20Grupo%20EPM.pdf?ver=2018-09-06-140837-877>
- Hernandez, E. L. (3 de Mayo de 2019). *Estudio Legal Hernandez sitio web*. Obtenido de Marco juridico de las Energias Renobables en Colombia:

<http://www.estudiolegalhernandez.com/energia-renovable/marco-juridico-de-las-energias-renovables-en-colombia/>

Hosenuzzaman, M., Rahim, N., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., Malek, A., & Nahar, A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41 , 284-297.

IDEAM. (2019). *IDEAM*. Recuperado el 2019, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

IDEAM. (2019). *IDEAM*. Recuperado el 2019, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

IEA. (2013). *AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA*. Obtenido de <https://www.iea.org/newsroom/news/2013/november/world-energy-outlook-2013.html>

La Republica. (2019). Recuperado el 2019, de <https://www.larepublica.co/economia/habra-una-nueva-subasta-antes-de-finalizar-el-segundo-trimestre-2833131>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Ministerio de Minas y Energia*. Recuperado el 2019, de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/18995913/Res.MADS+1283+03-08-2016+Requisitos+Certificado+beneficio+ambiental+FNCER.pdf/6e5c9758-6f05-407d-9d9b-e4e6119ff0a1>

Ministerio de Minas y Energía. (2018). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de

<https://www.minenergia.gov.co/tips-de-ahorro-de-energia>

Ministerio de Minas y Energía. (2019). Recuperado el 2019, de

<https://www.minenergia.gov.co/web/guest/historico-de-noticias?idNoticia=24088581>

Profesionales, R. (22 de Marzo de 2018). *Residuos Profesionales*. Obtenido de EL

RECICLAJE DE PANELES FOTOVOLTAICOS PERMITE RECUPERAR TONELADAS DE VIDRIO, METALES Y PLÁSTICO:

<https://www.residuosprofesional.com/reciclaje-paneles-fotovoltaicos-recyclia/>

Rosero, C. M. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. Escuela de Organización Industrial.

Santos, J. M., & Republica, P. d. (17 de 03 de 2016). Apagar Paga. *Informe de Apagar Paga*.

Senado de La Republica. (2014). *Senado de La República*. Recuperado el 2019, de

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Serrano, R., & Tritec-Intervento. (18 de Agosto de 2019). *Tritec-Intervento*. Obtenido de

TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS: <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/#>

Shin, J., Park, J., & Park, N. (2017). A method to recycle silicon wafer from end-of-life

photovoltaic module and solar panels by using recycled silicon wafers. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 1-2.

SIICA. (28 de Septiembre de 2018). *SIICA*. Obtenido de ¿Sabías que existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos?:

- <https://www.siicacancun.com/blog/articles/Sab%C3%ADas-que-existen-dos-tipos-de-sistemas-fotovoltaicos>
- SOLIS. (2019). Recuperado el 2019, de http://www.ginlong.com/3p_inverter2/4609.html
- SUN SUPPLY SAS. (4 de Diciembre de 2017). *SUN SUPPLY SAS*. Obtenido de Componentes de un sistema de energía solar:
<https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>
- TECHNO SUN. (2019). Recuperado el 2019, de
<https://www.technosun.com/descargas/TECHNO-SUN-lista-precios-solar-fotovoltaica.pdf>
- Terra.org. (3 de Mayo de 2010). *Terra Ecologia Practica*. Obtenido de La energía de fabricar un panel fotovoltaico: <http://www.terra.org/categorias/articulos/la-energia-de-fabricar-un-panel-fotovoltaico>
- Tobajas, V. C. (2018). Obtenido de <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co>
- UNAD. (2018). Recuperado el 2019, de <https://sig.unad.edu.co/gestion-ambiental>
- WEB Renovables, S.L.U. (19 de Enero de 2019). *Ecofener*. Obtenido de Tipos de paneles solares: <https://ecofener.com/blog/tipos-de-paneles-solares/>
- Zimmer, T. (2019). *Tipos de células fotovoltaicas*. Francia: Universidad de Burdeos.

