



Vigilada Mineducación

**Estudio de prefactibilidad para la implementación de energía solar en
empresas colombianas de industria y comercio con consumo entre 500Kw y
1000Kw**

Miguel Alejandro Andraus Berrío

Diana Rocío López Lara

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Administración
de Empresas

Asesor: Jorge Harley Guerrero Latorre, PhD.

Universidad EAFIT
Escuela de Administración
Maestría en Administración de Empresas
Bogotá
2023

Resumen

El estudio de prefactibilidad para la implementación de energía solar en la industria y comercio en Colombia contiene aspectos relacionados con las regulaciones legales, incentivos tributarios, estudios ambientales, de mercado y económicos, que permitan reflexionar acerca de las ventajas y desventajas del proyecto. El enfoque estará desarrollado en empresas que puedan autogenerar su consumo energético a través de sistemas fotovoltaicos, con el aprovechamiento de los techos y/o lotes de su propiedad.

Es un proyecto con sentido futurista, innovador y poco explorado en el país. Básicamente las energías renovables (EERR) abren caminos de innovación, tecnología y eficiencia, aportando a la sostenibilidad del planeta.

Se espera que este trabajo sirva como motivador para que paulatinamente empresas de diferentes sectores industriales como hospitales, colegios, universidades, hoteles y comercio en general, se adhieran a este tipo de solución. Además, se busca despertar el interés del sector bancario y gubernamental para el apoyo de estas iniciativas. Estos proyectos son de un alto impacto para las comunidades y la sociedad en general, los análisis teóricos sirven de apoyo para que las empresas que accedan a este proyecto de grado noten y se proyecten para que sean implementados dentro de sus organizaciones.

Palabras claves: Energía solar, Fotovoltaico, Prefactibilidad.

Abstract

The pre-feasibility study for the implementation of solar energy in industry and commerce in Colombia contains aspects related to legal regulations, tax incentives, environmental studies, market research and economic study and the respective comprehensive analysis for its development, reflecting on the advantages and disadvantages of its implementation. The focus will be developed in companies that can self-generate their energy consumption through photovoltaic systems with the use of roofs and / or lots of their property.

It is a futuristic, innovative and little explored project in the country. Basically, renewable energies (REE) open innovation, technology and efficiency paths, contributing to the sustainability of the planet.

We hope that this work will serve as a motivator so that little by little many industries, hospitals, schools, universities, hotels and commerce in general will adhere to this type of solution. In addition, we seek to awaken the interest of the banking and governmental sector to support these initiatives. These projects are of high impact for the communities and society in general, the theoretical analyses serve as support for the companies that access this degree project to notice and project themselves to be implemented within their organizations.

Key words: Solar energy, Photovoltaic, Pre-feasibility.

Contenido

Introducción	6
1. Planteamiento del problema	8
1.1 Pregunta de investigación	9
2. Justificación.....	10
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. Marco teórico	12
4.1 Desarrollo de la energía solar en el mundo	12
4.2 Costo de generación de la electricidad	17
4.3 Energía solar en Colombia	20
5. Metodología	25
6. Estudios de prefactibilidad	26
6.1 Estudio de mercado del proyecto.....	29
6.2 Estudio técnico del proyecto.....	34
6.3 Estudio Ambiental	41
6.4 Estudio Organizacional del proyecto.....	44
6.5 Estudio legal del proyecto	45
6.6 Análisis de Riesgos.....	47
6.7 Estudio económico-financiero del proyecto	49
7. Recomendaciones y conclusiones.....	57
Referencias bibliográficas	58

Lista de tablas

Tabla 1. Top 10 países por instalación y capacidad instalada en 2021	15
Tabla 2. Costos calculados a partir de los datos de EIA, 2016	17
Tabla 3. Participación de fuentes en las matrices energéticas de los países sudamericanos	19
Tabla 4. Estimación Economía Aplicada con base en Confecámaras y cifras históricas Cámaras de Comercio	32
Tabla 5. Ficha panel 545 W, jinkosolar	39
Tabla 6. Parámetros de simulación de sistemas fotovoltaicos	40
Tabla 7. Organización de estudio ambiental	42
Tabla 8. Compensación Arbórea Proyecto 800KW (XM, 2020)	44
Tabla 9. CAPEX de proyecto colegio en el departamento del Atlántico	50
Tabla 10. Análisis financiero con inversión directa	50
Tabla 11. Análisis financiero con financiación bancaria	52
Tabla 12. Resumen financiero con crédito bancario	55

Lista de gráficos

Gráfico 1. Evolución global de las instalaciones fotovoltaicas acumulativas	14
Gráfico 2. Potencia total instalada para sistemas fotovoltaicos centralizados	18
Gráfico 3. Mapa de usuarios zonas no interconectadas (ZNI)	22
Gráfico 4. Instalación fotovoltaica colegio San José Barranquilla	33
Gráfico 5. Ubicación colegio departamento Atlántico	35
Gráfico 6. Recibo de energía colegio objeto de estudio	37
Gráfico 7. HSP ubicación del colegio, Sabanilla Monte Carmelo (KWh/m ²)	38
Gráfico 8. Irradiación, pérdidas y energía inyectada a la red	41
Gráfico 9. Simulación de equivalencia en disminución de CO ₂ a la atmósfera	43
Gráfico 10. Estructura Organizacional de un proyecto de energía solar	45

Introducción

El gran debate mundial acerca de la conservación del planeta y las evidencias del deterioro global, alertan del impacto negativo en el medio ambiente, producto de las actividades comerciales e industriales que se realizan a diario y de manera global, en muchos casos por desconocimiento y/o bajo nivel de acceso a alternativas más sostenibles. En nuestro país, desde hace varios años, se ha comenzado a concientizar sobre la importancia que conlleva ser amigables con el entorno y hemos sido partícipes de campañas pedagógicas de reciclaje, regulación en el uso de plásticos, ahorro de agua y disminución en el consumo de energía eléctrica, todas las anteriores con el propósito de aminorar nuestro impacto en el ambiente.

La mayoría de estudios de producción de energía solar han sido enfocados a los grandes generadores como granjas solares o proyectos de gran envergadura, que compiten con los mecanismos de generación tradicional tales como hidroeléctricas y termoeléctricas; estos proyectos aunque son de gran importancia para la transición energética, no terminan siendo los mejores casos que sirvan de modelo y guía para réplicas a pequeña y mediana escala, ya que conllevan altos montos de inversión, implican un proceso largo para aprobaciones legales, y requieren altas capacidades para el transporte de la energía y su transformación (sub estaciones cerca con capacidad instalada).

El presente estudio está basado en la implementación de sistemas fotovoltaicos para la producción de energía, correspondiente al consumo propio, utilizando el espacio disponible que, generalmente son los techos de empresas, mecanismo que aparte de generar una sombra natural y disminuir la temperatura interna en la construcción, permite eliminar el transporte de la energía y sus respectivas pérdidas, además de eliminar el valor de comercialización.

El estudio del modelo requerirá diferentes análisis que permitan determinar la viabilidad técnica, ambiental, legal y económica, para convertir a los grandes consumidores de energía en sus propios productores, de una manera rápida y eficaz, que abra el camino para que de forma masiva se logre implementar una capacidad instalada importante para la contribución al medio ambiente.

Con todo esto se intenta ampliar de alguna manera el conocimiento acerca de los procesos de generación energética utilizados en la actualidad y converger sobre nuevas expectativas para la generación de energía a partir de la fuente inagotable de energía: el sol.

1. Planteamiento del problema

El alto costo de generación de energía eléctrica a través de la quema de combustibles fósiles, el daño ambiental ocasionado y el aumento en la cantidad de energía demandada para la operación de la industria en Colombia, requiere desarrollar un claro estudio de prefactibilidad que determine los beneficios y el alcance para la transición a energías renovables como la fotovoltaica.

El gran crecimiento de la industria mundial y la necesidad de grandes volúmenes de producción determinó un aumento considerable de energía para llevar a cabo los procesos productivos; por lo tanto, sin tener la conciencia de los problemas ambientales posteriores y de sus efectos en la destrucción de la capa de ozono, se ha suscitado durante décadas la extracción de energía a un alto costo. Por un lado, se encuentra la quema de los combustibles fósiles, como petróleo, gas y carbón que producen una gran cantidad de CO₂ emitido al medio ambiente (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA 2023), por otro lado, las hidroeléctricas por su dimensión y localización realizan extensas talas de árboles causando daños a los ecosistemas, y, por último, las plantas nucleares que obtienen la energía a través del enriquecimiento de uranio trayendo consigo el daño ambiental por la extracción de este mineral.

La energía renovable es un tipo de energía que favorece el cambio climático, logrando de esta manera disminuir el calentamiento global y reducir los impactos negativos al medio ambiente.

El efecto invernadero es uno de los principales responsables del calentamiento global, son gases (GEI) que se presentan en la atmósfera, absorben los rayos del sol y luego los emanan como radiación. Algunos de los gases que ayudan a que se produzca el efecto invernadero son el vapor de agua (H₂O); Dióxido de carbono (CO₂); Metano (CH₄); Óxido nitroso (N₂O); Ozono (O₃).

El efecto invernadero se aumenta cada vez más en la atmósfera debido a las actividades humanas, por ejemplo, la cría de ganado emite metano y el uso de vehículos emiten CO₂ constantemente e inundan la atmósfera, afectando su composición química; otras causas son el consumo de electricidad, la calefacción, el aire acondicionado y el consumo de materiales desechables, entre otros.

Las energías renovables como la del viento, la del sol, la del agua, en donde no se produce ningún tipo de combustión, son las que los gobiernos deben patrocinar y centrar esfuerzos para lograr mejorar los procesos y sistemas de generación.

Todo lo anterior ha llevado a considerar la necesidad de reemplazar estos sistemas tradicionales por otros que sean más amigables con el medio ambiente y que, a su vez, sean económicamente viables. Precisamente por la alta demanda de energía, es importante recordar que la extracción de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas) se ha concentrado en pocos países y que los costos de distribución generan una inestabilidad comercial y, a su vez, una presión geopolítica.

1.1 Pregunta de investigación

Con base en los diferentes estudios técnicos, de mercado, legal, ambiental y económico, ¿Es conveniente que las instituciones y empresas colombianas implementen soluciones fotovoltaicas para la generación de su propio consumo eléctrico?

2. Justificación

El estudio de prefactibilidad se realiza por la necesidad de tener la información clara y actualizada acerca de las implicaciones económicas, ambientales, legales y técnicas para la transición del consumo de energía convencional al de energía solar, considerando aspectos como la disminución del precio de los equipos por su producción masiva mundial y beneficios tributarios que ofrece el país, además de los beneficios ambientales que representaría. Para la revisión, luego de considerar los aspectos funcionales, se busca centrar los análisis de retorno de inversión y la posibilidad de minimizar los costos del pago de energía eléctrica, generando una eficiencia energética en sectores claves para la economía.

La falta de interés y rigurosidad procedimental en la implementación rápida de proyectos de renovación de energía solar en Colombia, motivan al estudio y oportunidad de explicar las posibilidades de auto generación eléctrica por parte de los sectores productivos de la nación; adicionalmente, plantear la solución y beneficios que trae la fácil instalación en sitios remotos de difícil acceso, donde económicamente no es viable la llegada de energía convencional y en los cuales se vienen solucionando sus necesidades con generadores eléctricos de combustible, obteniendo altísimos costos en la energía y un impacto muy negativo al medio ambiente.

Este estudio va dirigido principalmente a generar el interés de implementar este tipo de soluciones en las empresas, industrias, colegios, universidades, clínicas y demás actores con consumos energéticos superiores a 500w (más de \$60.000.000 aprox. de consumo mensual), y, a su vez, para proyectos masivos de soluciones individuales en sitios apartados del territorio colombiano, dirigidos por el gobierno nacional y gobiernos locales y, por último, al sector bancario para la promoción e incentivos de préstamos de línea verde con mejores condiciones donde contribuyan a la conservación del planeta.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar el estudio de prefactibilidad para establecer los beneficios de la implementación de la energía fotovoltaica en industrias y/o empresas colombianas con consumos superiores a 500 Kwp.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la viabilidad financiera para la implementación de sistema de paneles en el sector comercial e industrial de Colombia.
- Establecer los requerimientos legales y regulatorios necesarios para la puesta en marcha de proyectos de sistemas de paneles solares en el sector empresarial.
- Establecer los beneficios e impactos ambientales a considerar en los proyectos de paneles solares a nivel empresarial colombiano.
- Determinar la viabilidad técnica para la transición a sistema de paneles solares en el sector comercial e industrial de Colombia.
- Impulsar el uso de energías renovables en el País.
- Motivar a las Empresas en el uso de la energía solar fotovoltaica.
- Vincular al sector bancario en la financiación de proyectos de energía solar.

4. Marco teórico

4.1 Desarrollo de la energía solar en el mundo

La energía solar provee la fotosíntesis para las plantas y con esas plantas se pueden alimentar los animales, lo que funciona como propulsor de la vida de las especies. El hombre logra aprovechar esta energía solar para convertirla en energía fotovoltaica, y ejemplo de lo anterior son los paneles solares vitales para la producción, la industria, el turismo, y todos los conceptos de la actualidad que así lo requieren.

La humanidad desde sus inicios sabe y reconoce la importancia de los rayos del sol y la energía calórica que de él proviene. Hacia el año 400 a.C., las comunidades griegas y romanas comienzan a explotar metales y otros materiales para hacer uso de la radiación solar y aquí nacen los primeros pilares de todos los aportes del recurso renovable que es la energía solar. Los orígenes de la energía solar fotovoltaica datan de 1.767 cuando el científico Bénédict De Saussure inventó el helioméetro o heliotermómetro para medir la intensidad de los rayos solares, el cual consistía en un par de termómetros, uno encerrado en una caja negra y otro dispuesto en el exterior, de tal modo que la fuerza de la radiación solar se determinaba comparando la temperatura que marcaban uno y otro (Barral, 2021). Este invento dio paso para que se originaran otros aparatos que se utilizan en el mundo moderno. Posteriormente el mismo Bénédict inventa el colector solar y logró ser la inspiración para otros científicos como Auguste Mouchout, que en 1.865 convierte la energía térmica en energía mecánica, fue allí cuando se construyó la primera máquina de vapor que acaparaba los rayos del sol y era capaz de generar tanto calor como el movimiento de los motores por la presión.

Los rayos del sol logran transformarse en energía eléctrica con efecto fotovoltaico en 1.839, gracias a los experimentos del físico francés Becquerel, quien descubrió la energía solar fotovoltaica, Becquerel realizaba en su momento experimentos de una pila electrolítica y electrodos de platino, y cuando exponía estos instrumentos a los rayos del sol la energía eléctrica se incrementaba. Ya en el año 1.953, Daryl Chapin, Gerald Pearson y Calvin Fuller continuaron realizando los experimentos que los llevó a desarrollar una célula solar de silicio.

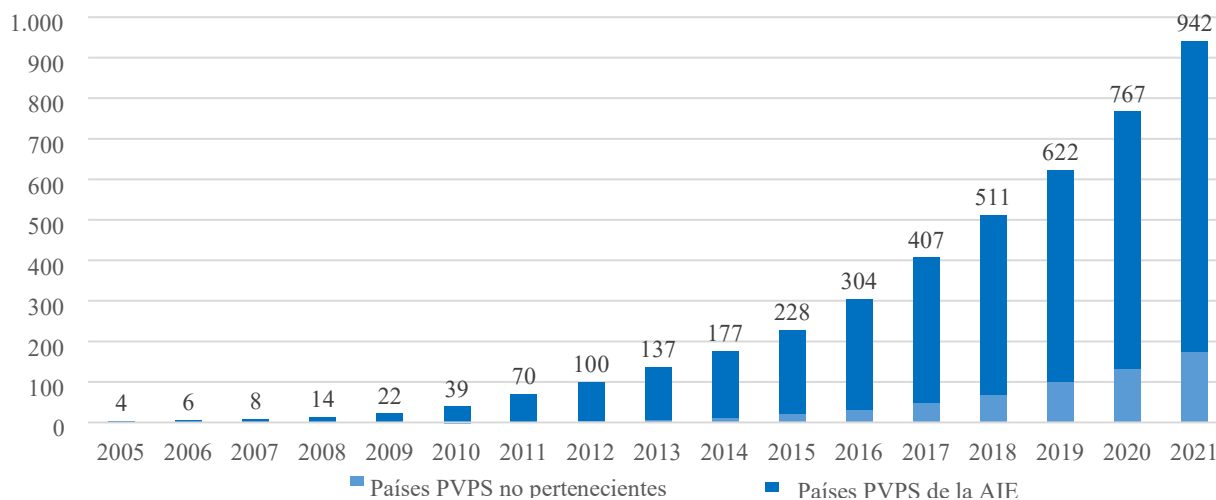
Después de ser estudiada por varios científicos, este tipo de energía aceleró su desarrollo en el año 1.954, debido a la necesidad de darle energía a los circuitos eléctricos de los satélites del espacio y por fin minimizar el uso de combustibles. Las primeras aplicaciones terrestres del fenómeno fotovoltaico comienzan en 1.972, fue entonces cuando se fue expandiendo por el mundo y se lograron precios favorables de los paneles solares.

En Colombia hacia la década de 1.970 nace el interés por la energía solar, debido a la crisis energética que se presentó en el país, fue entonces que varias Universidades iniciaron investigaciones relacionadas con la instalación de energía solar. En esa época las tarifas de pago de la energía eléctrica eran subsidiadas, beneficiando estratos de poblaciones de bajos recursos; luego estas empresas de energía eléctrica fueron aumentando poco a poco los costos y este aumento en las tarifas sirvió de motivación para dar el paso e investigar más acerca de los sistemas de energía solar.

Para entender el comportamiento mundial de lo que se viene desarrollando en los temas de reemplazo de energía convencional a renovables, y más específicamente fotovoltaica, nos remitimos a la última revista del año 2022 de la Agencia Internacional de Energía (AIE). La Agencia Internacional de la Energía (AIE), fundada en 1.974, es un organismo autónomo en el marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). El Programa de Colaboración Tecnológica (TCP) se creó con la creencia de que el futuro de la seguridad y la sostenibilidad energética comienza con la colaboración global. El programa está compuesto por 6.000 expertos de todo el gobierno, la academia y la industria, dedicados a promover la investigación común y la aplicación de tecnologías energéticas específicas. El Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica de la AIE (IEA PVPS) es uno de los TCP dentro de la AIE y se estableció en 1.993 con el objetivo de promover la colaboración internacional para facilitar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y la transición a energías sostenibles (Ener city, 2022). Para lograr esto, los participantes del Programa han emprendido una variedad de proyectos de investigación conjuntos en aplicaciones de sistemas de energía fotovoltaica. El programa general está encabezado por un Comité Ejecutivo, compuesto por un delegado de cada país u organización miembro, que designa distintas “Tareas”, que pueden ser proyectos de investigación o áreas de actividad. Los países participantes en el PVPS de la AIE son Alemania, Australia, Austria, Bélgica,

Canadá, Chile, China, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Israel, Italia, Japón, Malasia, Marruecos, México, Noruega, Países Bajos, Portugal, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Tailandia y Turquía.

Gráfico 1. Evolución global de las instalaciones fotovoltaicas acumulativas



Fuente: (International Energy Agency, IEA, 2022).

Si bien Europa desempeñó un papel pionero clave en los primeros desarrollos de la energía fotovoltaica, la participación de Asia comenzó a crecer rápidamente en 2012 y no se ha detenido desde entonces. Impulsada por China, India, Japón, Corea y, más recientemente, Vietnam, el continente asiático representó alrededor del 57% de la capacidad instalada acumulada total en 2021, una proporción similar en comparación con el año anterior. En los otros continentes y regiones, las instalaciones fotovoltaicas se distribuyeron de manera similar al año anterior. Europa representó el 21% del mercado fotovoltaico acumulado mundial (de los cuales la Unión Europea representó el 92%) a pesar del crecimiento renovado y significativo por cuarto año consecutivo. Las Américas representaron el 16%, gracias a los EE.UU. y algunos países latinoamericanos como Brasil, mientras que el 6% restante provino de la región MEA y el resto del mundo (International Energy Agency, IEA, 2022).

Tabla 1. Top 10 países por instalación y capacidad instalada en 2021

FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				FOR CUMULATIVE CAPACITY			
1		China	54,9 GW	1		China	308,5 GW
2		USA	26,9 GW	(2)		European Union*	178,7 GW
(3)		European Union*	26,8 GW	2		USA	123 GW
3		India	13 GW	3		Japan	78,2 GW
4		Japan	6,5 GW	4		India	60,4 GW
5		Brazil	5,5 GW	5		Germany	59,2 GW
6		Germany	5,3 GW	6		Australia	25,4 GW
7		Spain	4,9 GW	7		Italy	22,6 GW
8		Australia	4,6 GW	8		Korea	21,5 GW
9		Korea	4,2 GW	9		Spain	18,5 GW
10		France	3,3 GW	10		Vietnam	17,4 GW

Fuente: (International Energy Agency, IEA, 2022).

En el 2015, durante el Acuerdo de París, veinte países latinoamericanos enviaron planes a la ONU con objetivos de generación de energía renovable para aminorar el cambio climático. Datos de Greenpeace reportan que este tipo de energía podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en el 2030 (Greenpeace, 2023).

Hay ciertos mitos creados alrededor del uso de energía solar fotovoltaica y esto puede hacer que tanto las organizaciones como los gobiernos y comunidades dejen pasar por alto las aprobaciones e instalaciones en los diferentes estados; los mitos mayormente difundidos es que por ejemplo los paneles solares solamente funcionan en zonas donde llega la luz del sol en forma directa y en grandes cantidades, lo cual no es correcto, ya que los paneles tienen la capacidad de generar una gran cantidad de energía solar aún si hace frío o hay nubosidad o lluvia, estos paneles reciben la radiación por lo que no requieren de la luz directa para funcionar. Se ha dicho que los paneles son muy costosos, al respecto, aunque es cierto que se requiere una inversión inicial para la instalación, es importante considerar que cada vez es menor el valor de esta inversión, por lo que hay mayor facilidad de acceso. La tecnología viene creciendo y por ejemplo en Alemania el 25% de la población se beneficia de la energía solar. Otro mito es que la instalación es muy compleja,

creencia que no es correcta, ya que existen los sistemas Plug and Play que se pueden conectar y utilizar al instante y en menos de un día pueden quedar completamente instalados.

La energía solar renovable sigue creciendo a un ritmo impresionante, lo cual abre caminos para que tanto grandes como pequeñas comunidades, industrias y países salgan beneficiados. Se consideran modelo países como Australia, en donde se instalaron unos 360,000 sistemas fotovoltaicos en techos durante el 2021, lo que representó un aumento de casi el 40% en comparación con 2020 y se estima un CAGR del 20,56% durante el período 2022-2027 (Mordor Intelligence, 2022). China es el líder mundial con más del 35% de la capacidad instalada de paneles solares y sigue adelante mostrando una economía sostenible y amigable con el ambiente; en línea con lo declarado en el 2020 por el presidente Xi Jinping, en relación con su propósito de lograr un país neutro en carbono para el 2060, algunos de los hechos que explican el liderazgo del país son:

Las empresas chinas produjeron el 66% del polisilicio del mundo en el 2019, el componente inicial de los paneles fotovoltaicos (PV) basados en silicio. Además, más de las tres cuartas partes de las células solares procedían de China, junto con el 72% de los paneles fotovoltaicos del mundo. Cinco de los diez parques solares más grandes del mundo están en China y, es probable que continúe construyendo más a medida que pasa a la neutralidad de carbono. (Catorce 6, 2021, p.1)

Estados Unidos también presenta crecimientos por encima del 40% en instalaciones de energía solar para residencias y comercios, principalmente patrocinado con créditos del gobierno. El crecimiento de la energía solar obedece a los nuevos modelos económicos que facilitan el acceso e incluso pueden ser tan competitivos como las fuentes tradicionales de obtención de energía:

Desde 2010, el costo de la energía solar ha experimentado una disminución del 85%, de \$0.28 a \$0.04 dólares por kWh. Según los investigadores del MIT, las economías de escala han sido el factor más importante para continuar con la disminución de costos durante la última década. En otras palabras, a medida que el mundo instaló y fabricó más paneles solares, la producción se volvió más económica y eficiente. (Catorce 6, 2021, p.1)

4.2 Costo de generación de la electricidad

Para conocer la tendencia que se espera en la generación de energía eléctrica para los siguientes años, se hace muy importante y necesario revisar el costo que tiene en una unidad monetaria la producción de US\$/MWh de energía. Para lo anterior es necesario revisar el costo de construcción de cada tipo de planta, ciclo de vida, riesgo financiero, gastos de capital, costo de materia prima como petróleo, gas y carbón, gastos de operación y mantenimiento, alivios tributarios y demás factores a considerar como beneficios ambientales.

Beltrán-Telles et al. (2017) en el estudio *Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica*, muestra cómo para el 2040 los costos de la energía eléctrica a partir de la energía eólica y solar son competitivos vs. carbón y gas natural:

Tabla 2. Costos calculados a partir de los datos de EIA, 2016

	CNE 2022			CNEE 2022	CNE 2040	CNEE 2040
	Mínimo	Promedio	Máximo	Promedio	Promedio	Promedio
Carbón	\$ 129.90	\$ 139.50	\$ 162.30	\$ 61.10	\$ 125.80	\$ 63.60
Gas natural ciclo combinado convencional	\$ 53.40	\$ 58.10	\$67.40	\$ 61.00	\$ 57.60	\$ 64.00
Gas natural ciclo combinado con tecnología de captura de carbono	\$ 78.00	\$84.80	\$ 93.90	\$ 61.00	\$ 81.10	\$ 64.40
Viento	\$ 43.00	\$64.50	\$ 78.50	\$ 56.50	\$ 58.80	\$ 58.80
Viento en altamar	\$ 137.10	\$ 158.10	\$ 213.90	\$ 61.20	\$133.70	\$ 64.60
Solar	\$ 65.60	\$ 84.70	\$ 126.20	\$ 67.10	\$ 65.50	\$70.70

Fuente: (Beltrán-Telles et al., 2017).

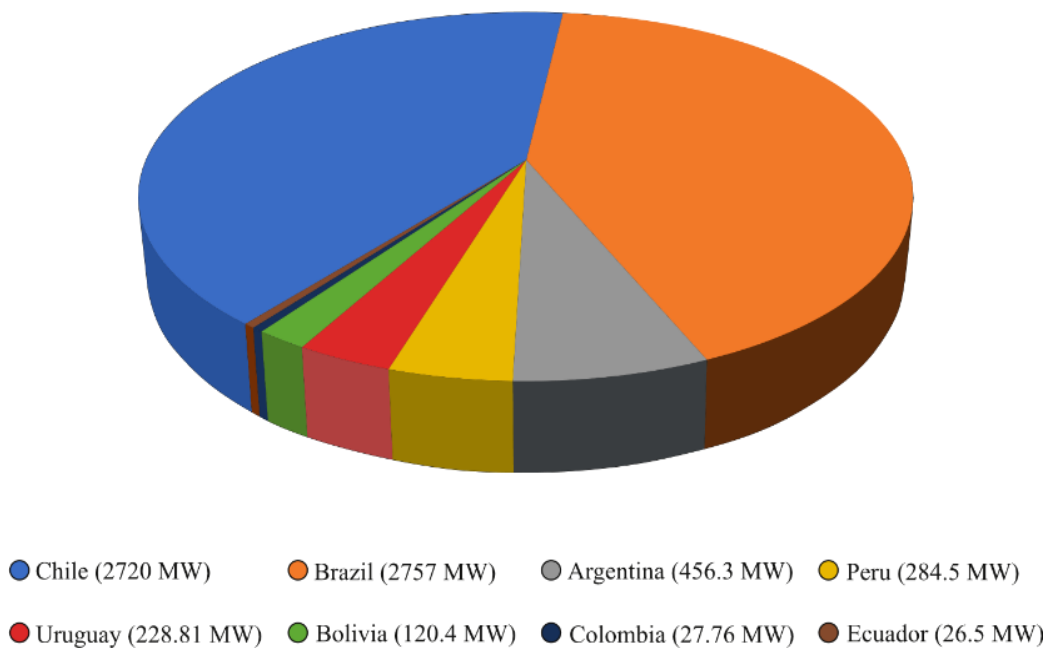
Latinoamérica es una zona privilegiada en cuanto a la disponibilidad de irradiación solar. Gracias a este recurso natural, en la región se evidencia producción de energía a partir de las células fotovoltaicas. Sin embargo, estamos muy por debajo de la implementación de estos sistemas. Si bien es cierto que Brasil en el año 2021 logró un gran avance en la capacidad instalada, en el acumulado total está muy por debajo de los países fuera de nuestra región.

Brasil, Colombia y Ecuador por tener muy buenos recursos hídricos obtienen su principal producción eléctrica a través de hidroeléctricas. El mayor uso de combustibles fósiles lo tienen Bolivia, Argentina, Chile y Perú.

A pesar de la abundancia de recursos renovables en el territorio, la utilización de estos para la generación de energía es mínima, considerando la fuente de energía inagotable que representa el sol. Esto muestra el potencial de crecimiento que se puede lograr con políticas públicas, concientización ambiental e incentivos para este tipo de energías.

Se nota que a partir del 2018 los países con mayor desarrollo de proyectos de inyección de energía fotovoltaica a la red lo conforman Chile y Brasil, siendo estos países los líderes en la región, con una diferencia muy marcada del resto (Vargas Gil et al., 2020).

Gráfico 2. Potencia total instalada para sistemas fotovoltaicos centralizados



Fuente: (Vargas Gil et al., 2020).

Tabla 3. Participación de fuentes en las matrices energéticas de los países sudamericanos

País	Fósil	Hidro	Nuclear	Viento	Pequeña hidroeléctrica	PV	Biomasa	Otros	Generación
Argentina	61.06%	26.95%	6.04%	3.76%	1.14%	0.62%	0.23%	0.20%	131.247,1 GWh - 2019 [52]
Bolivia	61.74%	34.04%	y	0.74%	Y	1.90%	1.58%	y	9.531 GWh - 2019 [53]
Brasil	14.2%	66.6%	2.5%	7.6%	Y	0.54%	8.5%	y	601.396 GWh - 2018 [54]
Chile	56.05%	26.90%	y	6.22%	Y	8.21%	2.35%	0.26%	77.312 GWh - 2019 [55]
Colombia	20.46%	78.26%	y	0.09%	Y	0.17%	1.02%	y	69.900 GWh - 2019
Ecuador	21.53%	76.65%	y	0.25%	Y	0.11%	1.31%	0.13%	30,475.5 GWh- Mar 2020 [56]
Perú	39,53%	53,27%	y	2,74%	2,73%	1,36%	0,38%	y	54.893 GWh - 2018 [57]
Uruguay	2%	50%	y	30%	Y	3%	15%	y	16.088 GWh - 2019 [51]

Fuente: (Vargas Gil et al., 2020).

En México el avance en la implementación de energía solar ha sido muy reducida y realmente se ha desarrollado en viviendas individuales o en grandes granjas solares, desatendiendo el mercado de las pequeñas y medianas empresas (Pymes) y la industria o corporativos. En este sector se estima una inversión de 1.000 millones de dólares anuales a partir del 2024, lo que genera una gran oportunidad para la banca, la cual ha venido interesándose en la financiación de estos proyectos. El proyecto “Financiamiento para el Acceso de Tecnologías de Energía Renovables de Generación Eléctrica Distribuida” ofrece plazos extendidos, bajos intereses, y riesgo del 80% con programa de garantía y proveedores confiables (Magallón et al., 2019, p. 9)

El mercado de consumo de energía en México para el año 2016 estaba conformado así: empresas medianas 41%, doméstico 29%, gran industria 20%, comercial 8% y servicios 2%.

En cuanto a la tarifa de la energía eléctrica, entre los años 2006 al 2016, se mantuvo en un incremento del 2,9% anual. Dado lo anterior, hay un notorio interés en este país de analizar y

concretar las implementaciones de sistemas de energía solar. Un estudio de mercado de energía solar para pymes (ICM-INNEL, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, 2019) arrojó a partir de varias cotizaciones de proveedores del sector, un precio de 1150 USD/KwP, para sistemas entre 400 y 500 KWP (Magallón et al., 2019, p. 18).

En las estimaciones realizadas para los próximos años se establecen unas reducciones en el CAPEX (activos fijos) entre el 2.5% y 10% anual, esta disminución de precios generaría un incentivo adicional muy importante para la aceleración hacia la transición energética.

Unos de los problemas más relevantes en la implementación de los sistemas fotovoltaicos en México, obedece a la poca disponibilidad de liquidez por parte de las empresas para disponer de inversiones a largo plazo. En el mundo hay bancos especializados en créditos para proyectos de impacto medio ambiental, sin embargo, en nuestros países las entidades bancarias todavía son muy conservadores a la hora de las aprobaciones. Para tener implementaciones masivas, definitivamente debe lograrse un apoyo gubernamental contundente en alianza con la banca y el sector empresarial (Asociación de Bancos de México, A. C, 2019).

4.3 Energía solar en Colombia

La facturación de los servicios por concepto de energía eléctrica se ve positivamente impactada tras el incremento en la instalación de paneles solares, ya que reduce significativamente los pagos por este concepto. La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) prevé un aumento sostenible en consumo energético en el país hasta el 2026 (La República, 2023). Esta alza repercute directamente en el precio, por tal motivo la adopción de energías renovables representa una alternativa favorable para el bolsillo de los consumidores a largo plazo.

Al analizar el avance en las instalaciones de la energía fotovoltaica en Colombia, es importante definir primero que existen 2 clasificaciones para el acceso de la energía por parte de las poblaciones. La primera se denomina SIN (Sistema Interconectado Nacional) en donde la energía es obtenida de la red principal tradicional, la segunda la constituye las ZNI (Zonas No Interconectadas), donde como su nombre lo indica, no están conectadas a la red y el suministro de

energía lo obtienen básicamente con generadores a base de gasolina o diesel (plantas eléctricas) y soluciones fotovoltaicas solares.

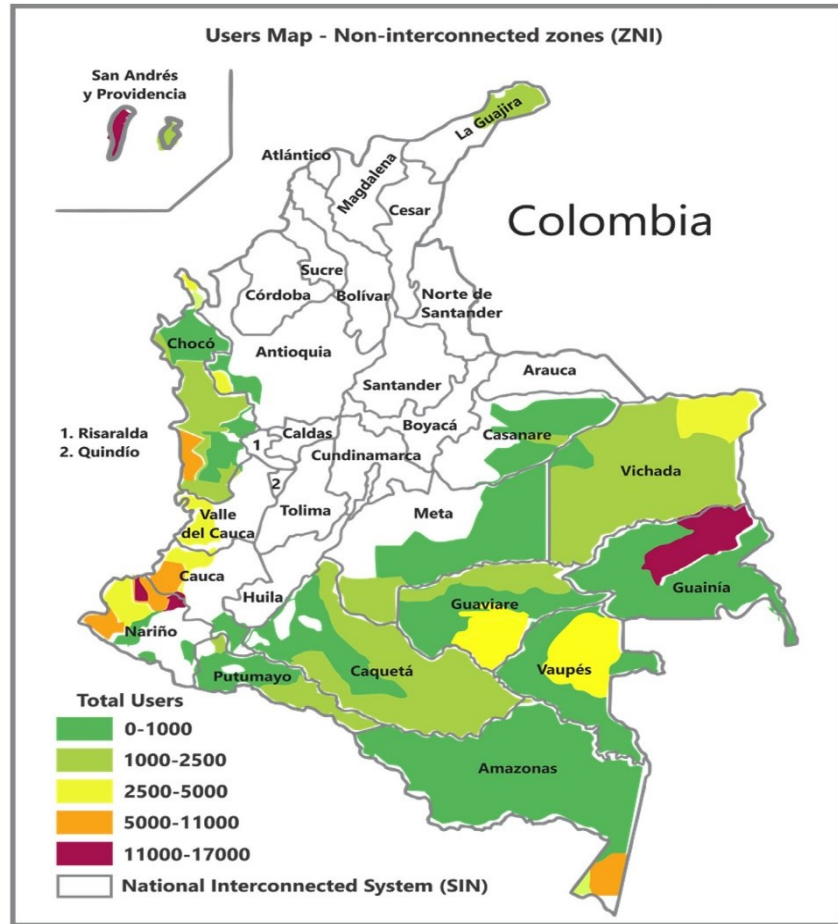
En Colombia la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y el Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), se encargan de la regulación y aprobación tanto de las iniciativas orientadas a la inyección de energía a la red, como de las soluciones energéticas individuales en las zonas de difícil acceso.

Según el IPSE (2013), existen 90 municipios en Colombia que pertenecen a las ZNI, incluso todavía hay un porcentaje de la población que vive en veredas muy apartadas de difícil acceso y en zonas insulares que no cuentan con electricidad. El auge de las soluciones de energías renovables más específicamente la solar, constituye una oportunidad para el abastecimiento de los servicios eléctricos de una manera confiable de fácil instalación y con un costo diferencial muy bajo, en comparación con el costo de llevar la energía de la red principal hasta el punto requerido por el valor de traslado de postes, cables, transformadores y su consecuente instalación para mínimas cantidades de energía a demandar.

Por tener Colombia su mayor producción energética a través de hidroeléctricas, se presenta un desafío adicional, y consiste en que, desde la década de los años 90, cuando se tuvo que racionalizar la luz y todo el País tenía horarios de apagones todos los días, se entendió la necesidad de no depender únicamente del recurso hídrico para el funcionamiento de la nación y se comenzó un programa para ir migrando a otro tipo de soluciones que permitieran la suficiencia necesaria de operación.

En el mapa de las zonas no interconectadas en Colombia, se evidencia que hay un gran potencial de crecimiento en la incorporación de energía fotovoltaica en muchas regiones del país, contribuyendo la instalación de plantas fotovoltaicas al desarrollo industrial y comercial de estas zonas (Rodríguez y Rodríguez, 2018).

Gráfico 3. Mapa de usuarios zonas no interconectadas (ZNI)



Fuente: (IPSE, 2013).

El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, representa la máxima autoridad en planeación nacional y es el asesor principal del gobierno en todos los ítems de desarrollo, tanto social como económico; CONPES orienta a los diferentes órganos de dirección económica y social del Gobierno Nacional y son quienes aprueban todos aquellos proyectos o documentos que son presentados con fines de desarrollos sostenibles.

De acuerdo a lo establecido en el CONPES (4075) de Transición Energética, los parámetros estratégicos para la rápida propagación de la energía solar deben fortalecer acciones que hagan sostenible la generación de energías limpias y eficientes. Estas bases se consideran el corazón del

mejoramiento de la economía colombiana y pueden resumirse en cuatro objetivos generales: 1) garantizar la seguridad y confiabilidad en el abastecimiento energético, 2) consolidar el conocimiento e innovación de mecanismos que faciliten la transición energética, 3) desarrollar e implementar los lineamientos encargados de promover el crecimiento económico derivados de la adopción de energías solares y 4) diseñar un sistema energético que busque la reducción de emisiones de gases (CONPES 4075, 2022).

Después de esto se afirma que el país está apostando por la puesta a punto de la transición de la energía y un crecimiento sostenible en el tiempo, se espera que CONPES sea implementada entre el 2022 y el 2028, con prioridad de innovación frente a las entidades públicas y privadas del sector eléctrico, requiriendo una inversión que supera los 200 billones de pesos.

En el 2018 se creó la Resolución UPME (703) que regula los proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), para ser avalados ante las autoridades (República de Colombia, 2018). Esta reglamentación está precedida por la Ley 1715 de 2014 cuyo propósito es incrementar el desarrollo de FNCE en el país, especialmente aquellas que son renovables. Estas últimas se definen como Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), cuya principal característica es ser ambientalmente sostenible. Con este objetivo, el UPME (703) determinó la exención del IVA y el gravamen arancelario todo esto dentro del ministerio de minas y energía.

Los esfuerzos por incentivar el uso de energías renovables pueden rastrearse con la aparición de la Resolución 1283 de 2016 expedida por el Ministerio de Ambiente, donde se detalla “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 y se adopten otras medidas” (Ministerio de Ambiente, 2016, p. 1) Esta resolución para este tipo de proyectos cobra relevancia y se debe exponer minuciosamente y en detalle todo lo relacionado con la energía no renovable.

La adición del Decreto 2143 Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía del 2015, hace hincapié en los lineamientos y beneficios a obtener de acuerdo con el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014 (Ministerio de Minas y Energía, 2023, online). Es decir, que se manifiesta

en ella la intención firme de reconocer incentivos y beneficios de acuerdo con su contexto, aspecto este que beneficia profundamente todas las iniciativas al respecto.

Las leyes, decretos y resoluciones que establecen, desarrollan y reglamentan los incentivos económicos para la generación de energías renovables son las siguientes:

1. Ley 1715 de 2014, artículos 11,12, 23 y 14.
2. Decreto 2143 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía, Hacienda y Crédito Público, Comercio, Industria y Turismo y de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
3. Resoluciones 520 y 638 de 2007 y resolución 143 de 2016 de la UPME, registro de proyectos.
4. Resolución 045 de 2016 de la UPME.
5. Resolución 1283 de 2016 de Ministerio de Ambiente.
6. Resolución 186 de 2012 de Ministerio de Ambiente.

Para la instalación de sistemas de energía fotovoltaica en la industria, los incentivos del Gobierno colombiano pueden resumirse de la siguiente manera, de acuerdo con Información del Ministerio de Energía:

1. Dedución del 50% del valor de la inversión, esta deducción será aplicada en el impuesto de renta hasta un plazo de 5 años. Anualmente no podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente.
2. Depreciación acelerada del gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto de renta, por una proporción del activo que no puede superar el 20% anual.
3. No pago de IVA por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados.
4. Exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión.

Teniendo Colombia un gran privilegio geográfico para el aprovechamiento de la energía solar, es un punto de partida para considerar todas las demás variables para la implementación de los sistemas.

5. Metodología

En este proyecto se tienen en cuenta metodologías cualitativas y cuantitativas, recopilando información tanto de fuentes primarias como secundarias. La población sujeta a análisis son las empresas y organizaciones del sector comercial, industrial y educativo con consumos superiores a 500 Kw pico.

Se tomará como modelo una institución educativa ubicada en el departamento del Atlántico para desarrollar los estudios de mercado, sector, aspectos legales, técnicos y ambientales, que permitan realizar el análisis de prefactibilidad para la implementación de sistemas de paneles solares.

En relación con los estudios financieros, se muestran alternativas de inversión, entre ellas la inversión directa y el apalancamiento con préstamo en el sector financiero.

6. Estudios de prefactibilidad

Para el desarrollo del presente trabajo se realizan los estudios de mercado, técnicos, ambientales, organizacionales, legales, de riesgos y financieros, para tener un amplio espectro de los factores relevantes que permitan determinar la prefactibilidad del mismo.

6.1 Estudio del sector

6.1.1 Contexto Político

Desde el último periodo presidencial de Iván Duque Márquez, la transición energética ha estado en las prioridades de la política del país, es una realidad imparabla y que en la actualidad con el gobierno del presidente Gustavo Petro continua avanzando, la política tiene tres pilares, migrar hacia una matriz más competitiva con la inserción de energías limpias, la eliminación de brechas en acceso de energía como por ejemplo en zonas no interconectadas rurales y la lucha contra el cambio climático, todo lo anterior encaminado con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

La Ley 1715 de 2014, como se menciona en el presente trabajo, también ha sido una de las bases políticas más importantes que han incentivado que Colombia aumente su capacidad instalada en proyectos renovables y que la matriz energética se equilibre. Es claro que la transición energética no es de un solo gobierno o pequeños periodos, es proyectado a largo plazo, las políticas de incentivos son las que atraen inversiones extranjeras. El mayor reto del panorama colombiano y crítico es conocer y dar claridad de cómo se reemplazará el aporte fiscal al quitar del marco energético los hidrocarburos (Revista Portafolio, 2023).

Colombia es uno de los primeros 10 países con mejores recursos hídricos a nivel global y cuenta con un potencial inmenso para instalar sistemas eólicos y solares, así como también el hidrógeno verde; en ese sentido, las políticas del gobierno tienen como objetivo principal la reindustrialización basada en la transición energética mediante energías renovables, por lo que toman relevancia el aprovechamiento de convenios internacionales como el establecido con Alemania, debido a su alto desarrollo tecnológico referente a fuentes renovables (Cancillería de Colombia, 2022).

6.1.2 Contexto Ambiental

Cuando se habla de fuentes renovables, proyectos de autogeneración o sistemas solares, como es nuestro estudio particular, los beneficios principalmente son medioambientales, sin embargo, estos tienen un impacto económico y social para personas e industrias. En términos de economía circular, consideramos una actividad económica sostenible cuando se reducen los impactos ambientales, se evitan emisiones de gases de efecto invernadero y se reducen los usos excesivos de los recursos energéticos. Si revisamos los objetivos de la ODS, específicamente el número 12 que habla de la modalidad de consumo y la producción sostenible, se encuentra una comparación clara entre las economías circular y linear, donde la primera tiene un ciclo similar al de la naturaleza, el producto final buscaría permanecer en el tiempo, desmontarse fácilmente y ser regenerados o tener un uso extra. En términos generales, mejoras de procesos de digitalización, electrificación, consumos eficientes y desarrollos como movilidad eléctrica, serían objetivos para limitar el impacto ambiental y la mejora social.

6.1.3 Contexto Social y Económico

Pensar que la sostenibilidad y la transición energética significa un costo o gasto, es un prejuicio que sigue localizado en la sociedad colombiana, pero, es todo lo contrario, el desarrollo de estas tecnologías son una gran oportunidad para la economía, a través de figuras profesionales y del desarrollo de modelos de negocios como el PPA (Power Purchase Agreement) o EPC (Engineering, Procurement and Construction).

El impacto social más relevante se conoce como empleos verdes, de acuerdo al informe del 2020 realizado por la Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA, en el mundo hay 11.5 millones de trabajadores verdes que realizan labores en el sector de energías renovables, se encuentran concentrados en China, Estados Unidos y la Unión Europea, principalmente. Aproximadamente el 33% de estas personas trabajan en labores relacionadas con los sistemas fotovoltaicos. El sector de energía es donde se proyecta mayor generación de empleos verdes, dirigido hacia la eficiencia energética, la investigación, procesamiento de datos, el mantenimiento, la ingeniería, y efectivamente se unen todas las competencias laborales. Entonces, la implementación de este tipo de proyectos a nivel industrial crea beneficios desde muchos puntos

de vista, se considera una inversión financiera, un negocio rentable y ayudará a frenar el cambio climático (Enel, 2022).

Actualmente se considera que uno de los riesgos de inversión en energías renovables en Colombia es la inestabilidad política, debido a las confrontaciones del gobierno actual y su oposición. La transición energética necesita inversión, la cual normalmente proviene de empresas privadas, muchas veces a través de la adquisición de deudas o a través de bolsas de inversión, prometiendo ganancias en un periodo determinado.

Las empresas que practican el modelo de PPA, que en su gran mayoría son del exterior, analizan además de la inversión, temas como impuestos, garantía de las instituciones, normas y costo de oportunidad, para así estimar tiempos de recuperación del monto invertido. El contrato PPA se realiza en un periodo determinado, donde se pacta un valor inferior al actual del operador de red para cliente final y, en muchos casos, el usuario es de carácter industrial. No obstante, a pesar de contar con una mejor tarifa, las empresas usuarias de este modelo comentan que existen muchos más riesgos que no se tenían en cuenta al inicio, entre ellos, cambios normativos debido a que las reglamentaciones cambian a mitad de camino, y cambios políticos, donde la estabilidad del gobierno juega un papel fundamental.

Finalmente, muchos expertos consideran que para que los inversionistas se sientan tranquilos y el país crezca a nivel renovable, en términos económicos y de empleabilidad, debe garantizarse política y legalmente señales o normativas para que las empresas extranjeras confíen en las reglas de juego nacional (Revista Cambio, 2023).

6.1.4 Contexto Tecnológico

El reto más importante a nivel tecnológico en términos de transición energética e implementación de sistemas solares fotovoltaicos en modelos PPA, como es el caso de estudio, es el tecnológico, ya que el internet de las cosas, el big data y la inteligencia artificial, permitirían un modelo capaz de generar datos que alimenten los modelos tarifarios, detecciones de fallas y servicios más amigables con usuarios, para un control riguroso de consumos energéticos.

Colombia tiene una oportunidad de exportación de hidrógeno verde, y esta tecnología y derivados serán importantes a nivel internacional en términos de descarbonización, reemplazo de combustibles, y por eso la inversión en estos desarrollos se convertirá en una pieza clave dentro de la transición energética y crecimiento del país (Universidad de Los Andes, 2023).

6.2 Estudio de mercado del proyecto

De acuerdo con María Vásquez Fernández (2022), comprender las necesidades de los consumidores, los principales competidores y las tendencias del mercado es vital para el adecuado desarrollo del producto y las estrategias de venta a implementar (p. 6). En Colombia, el mercado de energías renovables se ha centrado en el fortalecimiento de proyectos sobre energía hidráulica y térmica, dejando de lado la propagación de emprendimientos enfocados en energía solar y eólica. Frente a esta dinámica, la Oficina Económica Comercial de la Embajada de España en Bogotá, ha recalcado la importancia de hacer uso de otro tipo de energías, especialmente en períodos de sequía, con el fin de minimizar el incremento de precios de forma considerable (ICEX, 2022).

Las oportunidades de negocio en Colombia en materia de energía solar son prometedoras, debido al interés de empresas extranjeras, que ha conllevado al crecimiento sostenible en la última década y al recurso solar del territorio. En el país se registran, en promedio, alrededor de 8 y 12 horas de sol diariamente, que equivalen a una radiación solar de 4,5 kWh/m², superior al promedio mundial de 3,9 kWh/m² debido a su ubicación en la zona ecuatorial (ICEX, 2022). Los niveles de radiación solar más altos se encuentran en los departamentos de Guajira, Atlántico, Magdalena, Bolívar (Zona Atlántica) y Meta, Casanare, Vichada y Guainía (Orinoquía) y Tolima, Antioquia (Región Andina) (Ideam, 2018).

Actualmente, la demanda se ha concentrado en los departamentos de Caquetá, Meta, Putumayo, Nariño, Cauca, Choco y Guajira, a pesar de que la mayoría de las iniciativas solares están ubicadas en Antioquia, Boyacá, Santander y Cundinamarca (Jiménez y Giraldo, 2021, p. 21). Lo anterior destaca la necesidad de propulsar ideas de negocio que permitan aumentar la capacidad instalada y suplir la demanda en otras regiones del territorio colombiano.

Ahora bien, para determinar la prefactibilidad del proyecto es preciso establecer los factores que incidirán en su desarrollo a largo plazo. En este contexto, definir el tipo de producto, el área geográfica del mercado, las normas técnicas internacionales, el entorno competitivo, la necesidad de productos complementarios y la protección de la demanda son claves para pronosticar la eventual entrada al mercado.

6.2.1 Productos y Servicios

La búsqueda realizada en las páginas de internet de las empresas comercializadoras de paneles solares en el país, entre ellas AO Solar, Solar Costa, Solar Energy, Solar Plus, Solair Plus y Solenergy Soluciones muestra que los servicios ofertados principalmente ofertados en el mercado colombiano comprenden:

1. Diseño y cálculo de proyectos solares con herramientas de software especializadas y equipos de medida de precisión de acuerdo con las necesidades del cliente.
2. Cálculo y diseño de proyectos de iluminación solar para cada espacio y cada actividad cumpliendo con la normativa del país.
3. Mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos de sistemas solares a todos los componentes del sistema de forma periódica y respuestas ágiles ante fallos del sistema.
4. Mantenimiento de estructura y limpieza de paneles solares (Limpieza, Lavado, restauración y cambio de herrajes en estructuras y paneles).
5. Inspecciones aéreas sobre campos solares fotovoltaicos para inspeccionar estado de los paneles, herrajes de ajustes y requerimiento de los clientes.
6. Fotografías aéreas con drones para proyectos solares, análisis de terrenos y techos con fotografía aérea para obtener áreas y volúmenes con posicionamiento geocéntrico.
7. Estudio de prefactibilidad y factibilidad de proyectos solares.
8. Integración de sistemas de energía solar con otros sistemas de energía renovable, como baterías de almacenamiento.

Aunque el espectro de aplicaciones de la energía fotovoltaica en el sector comercial, educativo e industrial es amplio, algunas de las soluciones de energía solar más comunes para el segmento

empresarial de acuerdo con la información registrada en la página web de la empresa AO Solar son:

1. Oficinas móviles equipadas con autogeneración de energía solar: Oficinas móviles portátiles termoacústicas con capacidad de seis a diez puestos de trabajo, disponibilidad eléctrica para conectar laptops, una impresora-scanner, router GPRS y un surtidor. |
2. Generadores de energía solar portátil con banco de baterías para autonomía de 6 a 8 horas de uso continuo.
3. Torres de Iluminación móviles con autonomía de trabajo de 12 horas, con tecnología Led de alta eficiencia y durabilidad de 50 mil horas.
4. Puntos de acceso a Internet solares: Instalación de puntos de acceso a internet para zonas públicas y/o privadas con autogeneración de energía 24/7.

6.2.2 Demanda

De acuerdo con la Fuente:, se nota un potencial de mercado entre empresas grandes y medianas de 25.832 para el año 2016, que sería el objeto de este trabajo. Sin embargo, dentro del rango de empresas pequeñas (97.958) se tiene un mercado potencial, sobre todo en los sectores de gran consumo energético como son las instituciones educativas (698), grandes comercios (17.108) y el de industrias manufactureras (11.511). Por tal razón se considera un gran potencial de clientes a desarrollar los sistemas de autoconsumo energético con energía solar.

En Colombia todavía va muy lenta la implementación de este tipo de proyectos, considerando las principales causas, el desconocimiento técnico del tema, la falsa idea de que si hay nubes, lluvia o sombra se quedan sin energía (los sistemas no reemplazan al operador de red tradicional sino que se complementan teniendo cero riesgo en cuanto a apagones o menor calidad de energía), la falsa concepción de ser muy costoso y el poco apoyo del sistema financiero para la agilización de créditos de línea verde, sin embargo, últimamente la banca ha estado muy receptiva a este tipo de iniciativas y se ha logrado una visión mucho más eficiente en este sentido y se han logrado avances significativos (Economía Aplicada, 2016).

Tabla 4. Estimación Economía aplicada con base en Confecámaras y cifras históricas Cámaras de Comercio

Número de empresas por sectores económicos y tamaño, 2016									
	Gran Empresa	Distribución %	Mediana empresa	Pequeña empresa	PYME (Pequeña + Mediana)	Distribución %	Microempresa	TOTAL	Distribución %
Z : Actividad no Homologada a CIIU V4	219	3,5%	1.021	7.651	8.672	8,9%	354.516	363.407	26,9%
G : Comercio al por mayor y al por menor; vehículos	1.041	16,7%	4.068	17.108	21.177	21,6%	237.483	259.701	19,2%
M : Actividades profesionales, científicas y técnicas	307	4,9%	1.377	7.735	9.111	9,3%	130.942	140.360	10,4%
C : Industrias manufactureras	993	15,9%	2.315	9.196	11.511	11,8%	113.130	125.633	9,3%
F : Construcción	761	12,2%	2.548	8.052	10.600	10,8%	81.232	92.593	6,8%
N : Actividades de servicios administrativos y de apoyo	222	3,6%	936	3.703	4.638	4,7%	56.993	61.854	4,6%
L : Actividades inmobiliarias	511	8,2%	2.133	6.443	8.576	8,8%	45.739	54.827	4,1%
J : Información y comunicaciones	161	2,6%	470	2.353	2.824	2,9%	43.079	46.063	3,4%
H : Transporte y almacenamiento	289	4,6%	952	4.035	4.988	5,1%	35.522	40.799	3,0%
K : Actividades financieras y de seguros	594	9,5%	824	1.977	2.801	2,9%	28.168	31.563	2,3%
Q : Actividades de salud humana y asistencia social	160	2,6%	536	2.305	2.840	2,9%	28.268	31.268	2,3%
A : Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	326	5,2%	1.275	3.101	4.376	4,5%	20.003	24.705	1,8%
I : Alojamiento y servicios de comida	87	1,4%	286	1.530	1.816	1,9%	20.327	22.230	1,6%
P : Educación	15	0,2%	88	610	698	0,7%	11.959	12.672	0,9%
S : Otras actividades de servicios	111	1,8%	70	433	503	0,5%	11.779	12.393	0,9%
B : Explotación de minas y canteras	242	3,9%	375	908	1.283	1,3%	9.540	11.065	0,8%
R : Actividades artísticas, de entretenimiento	29	0,5%	106	603	709	0,7%	9.885	10.623	0,8%
E : Distribución de agua, saneamiento ambiental	64	1,0%	146	451	597	0,6%	5.974	6.635	0,5%
D : Suministro de electricidad, gas, vapor y aire	94	1,5%	56	140	196	0,2%	2.124	2.414	0,2%
O : Administración pública y defensa; seguridad social	15	0,2%	10	33	42	0,0%	1.393	1.451	0,1%
T : Actividades hogares en calidad de empleadores	-	0,0%	-	1	1	0,0%	139	140	0,0%
Total	6.242	100%	19.590	78.368	97.958	100%	1.248.195	1.352.395	100%

Fuente: (Economía Aplicada, 2016).

6.2.3 Oferta

Aunque en el sector energético hay empresas grandes dedicadas a la implementación de energía solar, como Enel, Epm, Entoria, Proeléctica, Celsia, Vatia, por nombrar algunas, su real interés consiste en proyectos de generación a gran escala (granjas solares) para la venta de energía a la bolsa. Para los proyectos de nuestro interés donde las soluciones son implementadas directamente en la locación de los clientes, algunas de las compañías líderes en Colombia son: Senergysol, AO Solar, Sunco, Solar costa, Energy Solar, Eswindows, Solar plus, Solair plus y Solenergy solutions.

Gráfico 4. Instalación fotovoltaica colegio San José, Barranquilla



Fuente: (AO Solar, 2023).

6.2.4 Precio

Para comenzar a establecer un estudio de prefactibilidad en la implementación de sistemas fotovoltaicos en la industria colombiana, se debe comenzar con el estudio del valor de la energía en Colombia. Lo primero a establecer es el tipo de usuario, considerando dos tipos: 1. el regulado que abarca usuarios, industriales, comerciales y residenciales con demandas de energía inferior a 55MWh, cuyo precio es establecido por la CREG y deben ser atendidos independiente de su consumo; 2. los no regulados, que son los usuarios con consumos superiores a 55MWh y para los que el valor de la energía se pacta directamente entre el comercializador y el cliente.

La fórmula para el cálculo del costo de cada kWh (CU) se determina de la siguiente manera:

$$CU = G + T + D + C + P + R$$

Donde las siglas corresponden a:

G (Generación), costo de la energía comprada al productor, hidroeléctricas, térmicas, renovables.

T (Transmisión), costo de transporte desde la producción de alta tensión a media tensión, llegada a entrada de ciudades.

D (Distribución), costo de transporte de energía desde la entrada de la ciudad hasta el cliente final, tensión entre 115 KV y 13,2 KV.

C (Comercialización), atención de clientes, facturación, cobro, revisión de medidores.

P (Pérdidas), pérdida de energía por el paso en la red eléctrica.

R (Restricciones), factores de seguridad y riesgos para la continuidad de la operación.

Adicional al precio de costo, se le adiciona al recibo de energía un 27,29% para pago de impuestos como transferencias ambientales, apoyo a electrificación rural y otros, y adicionalmente para los estratos 5 y 6 y comerciales, una contribución adicional del 20% (Valora Analitik, 2019).

Revisando estos datos se considera que el costo de producción es una fracción del precio total cobrado, teniendo un diferencial importante a analizar, debido a que en las soluciones fotovoltaicas cuando se realizan directamente en los techos o lotes de las empresas, no se tiene costo de transmisión, ni distribución, y las pérdidas y restricciones son mínimas. Para una empresa que decida implementar energía fotovoltaica puede representar un ahorro en las tarifas de servicio energético el 60%, dependiendo de cuánto consuman y la actividad que realicen (El país, 2022).

6.3 Estudio técnico del proyecto

En primer lugar, se hace la descripción general del cliente final, al cual se le realizará la prefactibilidad para la inversión. Esto es importante para el dimensionamiento de la capacidad instalada en paneles solares que beneficiaría al colegio.

Cliente: INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

Ubicación: CARRETERA A PTO COLOMBIA # KM5 – 5 LOC (Atlántico)

Nivel de tensión: Nivel 2

Transformadores instalados: 1.6 MVA

Usuario: No regulado.

Operador: AIR-E

Comercializador: AIR-E

6.3.1 Aspecto geográfico

La institución se encuentra ubicada en la carretera a puerto Colombia km 5, longitud -74.9051481 y latitud 11.0213852, esto es dentro del departamento del Atlántico, específicamente en Sabanilla, Monte Carmelo. Sabanilla es un corregimiento del municipio de Puerto Colombia, conformada por Corredor Universitario, Villa Campestre, Maizal y Lagos de Caujaral (Wikipedia, 2020).

Gráfico 5. Ubicación colegio departamento Atlántico



Fuente: (Google Maps, 2020).

6.3.2 Aspecto energético

La institución cuenta actualmente con un consumo, según recibo de energía del mes de marzo 2023, de 203.707 kWh/mes, cuenta con dos unidades transformadoras de 800 KVA, que suman un total de 1.6 MVA a nivel de tensión 2 y una celda de medición indirecta, que permite al operador de red realizar el cobro de energía periódico.

6.3.3 Aspecto tarifario de facturación

Las tarifas actuales del operador de red AIR-E se desagregan de la siguiente forma para el cliente en estudio:

$$G = \$ 285.19$$

$$CO = \$ 13.08$$

$$P = \$ 34.22$$

$$T = \$ 51.13$$

$$D = \$ 118.67$$

$$R = \$ 45.09$$

Si se realiza la suma de todos estos componentes se obtiene el CU, que es el costo en \$ por cada kWh consumido por el colegio, cabe aclarar que estas tarifas se actualizan con IPP y que adicionalmente son negociadas por ambas partes, institución y comercializador, al ser un usuario no regulado, esto debido a sus altos consumos. La tarifa final por CU es de \$ 554.55 / kWh. Se anexa el detalle de cobro del cliente.

Gráfico 6. Recibo de energía colegio objeto de estudio

Detalle del cobro	
Conceptos facturados	Valores
Reactiva	\$1.097.837,92
Componente Generación Fuera de Promedio	\$1.460.986,10
AJUSTE MONETARIO	\$2,34
Reactiva Capacitiva Resol. CREG 015-2018 (+)	\$1.409,78
Componente de Distribución	\$24.173.714,07
Componente de Comercialización	\$2.664.965,59
Componente de Transmisión	\$10.414.688,89
Componente de Pérdidas	\$6.970.841,50
Componente de Restricciones	\$9.185.012,53
Componente de Generación	\$58.096.251,62
Descuento Pacto Justicia Tarifaria	-\$82.771,26
Aplicación Saldo a Favor	-\$4,07
Subtotal Energia	\$113.982.935
Subtotal Aseo	\$0
Impuesto Alumbrado Publico	\$16.972.414,99
Subtotal A.P.	\$16.972.415
Tasa Seguridad y Convivencia Ciudadana	\$2.816.000,00
Subtotal TSCC	\$2.816.000
Subtotal cobros otras entidades	19.788.414,99
Deuda facturas anteriores	0,00
Facturación Mensual	\$133.771.350
Saldo Actual	\$133.771.350

Fuente: (AIR-E, 2023).

6.3.4 Dimensionamiento de la planta solar fotovoltaica

Para realizar el correcto dimensionamiento y no incurrir en un tamaño de planta innecesario, se deben cumplir ciertos pasos o revisiones de ingeniería en sitio, tales como:

- a. Revisión de área disponible en cubiertas o terreno para instalación de módulos fotovoltaicos y equipos de conexión, como: inversores, cableado, etc.
- b. Revisión técnica de subestaciones eléctricas y tableros eléctricos, verificando cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, que permitan el desarrollo del proyecto sin atrasos ante el operador de red y los entes reguladores de Colombia.

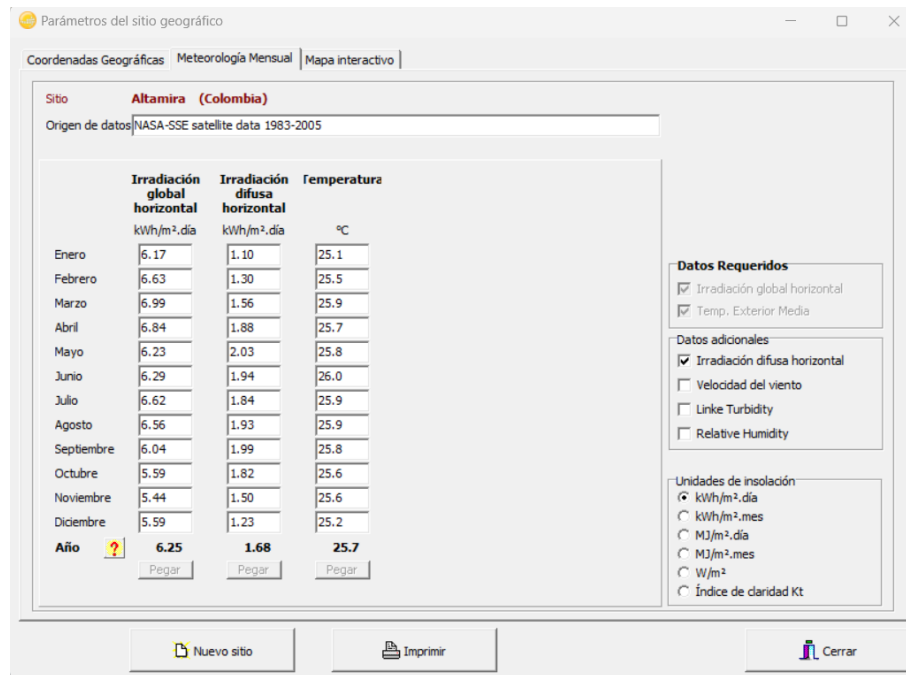
- c. Compensación de energía reactiva, variable importante para no incurrir en penalizaciones económicas ante el operador de red.

Luego de realizar una exhaustiva revisión de lo antes mencionado, se procede a calcular el tamaño del sistema en KWP, que es la unidad de capacidad de potencia eléctrica solar instalada.

Ahora bien, para poder dimensionar el sistema, se deben conocer los conceptos importantes que son: radiación e irradiancia. La primera es la energía procedente del sol en formas de electromagnetismo, la segunda es la densidad de potencia que impacta sobre la superficie por unidad de tiempo, la unidad es W/m². La irradiancia que en promedio llega a la tierra es de 630 W/m², esto debido a las pérdidas que se producen cuando esta energía atraviesa las diferentes capas de la tierra (Alvarado Ladrón de Guevara, 2018).

Para este proyecto se usa el software licenciado PVSyst, con el cual se obtienen las horas solares pico para la ubicación exacta del proyecto planeado, este cuenta con bases de datos de la NASA.

Gráfico 7. HSP ubicación del colegio, Sabanilla Monte Carmelo (KWh/m²)



Fuente: (AO Solar, 2023).

Es una radiación que varía muy poco durante el año, promedio de 6.25, estos datos también son trabajados con el concepto de HSP y significan horas solares pico, es la energía por unidad en superficie, se considera una irradiancia de 1000 w/m², entonces 1 HSP equivale a 1000 w/m² (Alvarado Ladrón de Guevara, 2018).

De manera general se selecciona el panel comercial actual 2023 de la marca Jinko solar, este se encuentra dentro de los mejores paneles del mercado y en la lista de tier 1.

Tabla 5. Ficha panel 545 w

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM530M-72HL4 JKM530M-72HL4-V		JKM535M-72HL4 JKM535M-72HL4-V		JKM540M-72HL4 JKM540M-72HL4-V		JKM545M-72HL4 JKM545M-72HL4-V		JKM550M-72HL4 JKM550M-72HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	405Wp	550Wp	409Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.56V	37.84V	40.63V	37.91V	40.70V	38.08V	40.80V	38.25V	40.90V	38.42V
Maximum Power Current (Imp)	13.07A	10.42A	13.17A	10.50A	13.27A	10.55A	13.36A	10.60A	13.45A	10.65A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.26V	46.50V	49.34V	46.57V	49.42V	46.65V	49.52V	46.74V	49.62V	46.84V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.79A	11.14A	13.85A	11.19A	13.94A	11.26A	14.03A	11.33A
Module Efficiency STC (%)	20.55%		20.75%		20.94%		21.13%		21.33%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Fuente: (Jinkosolar, 2022).

La energía que genera un módulo de 545W, sería:

Energía= Pico del panel x HSP del sitio.

Energía= 545X 6.25

Energía = 3406WH

El número de paneles que se necesitaría para satisfacer el consumo antes mencionado, sería:

Paneles= 203707/30x1000 / 3406 x 1.2 = 2392 Paneles de 545w

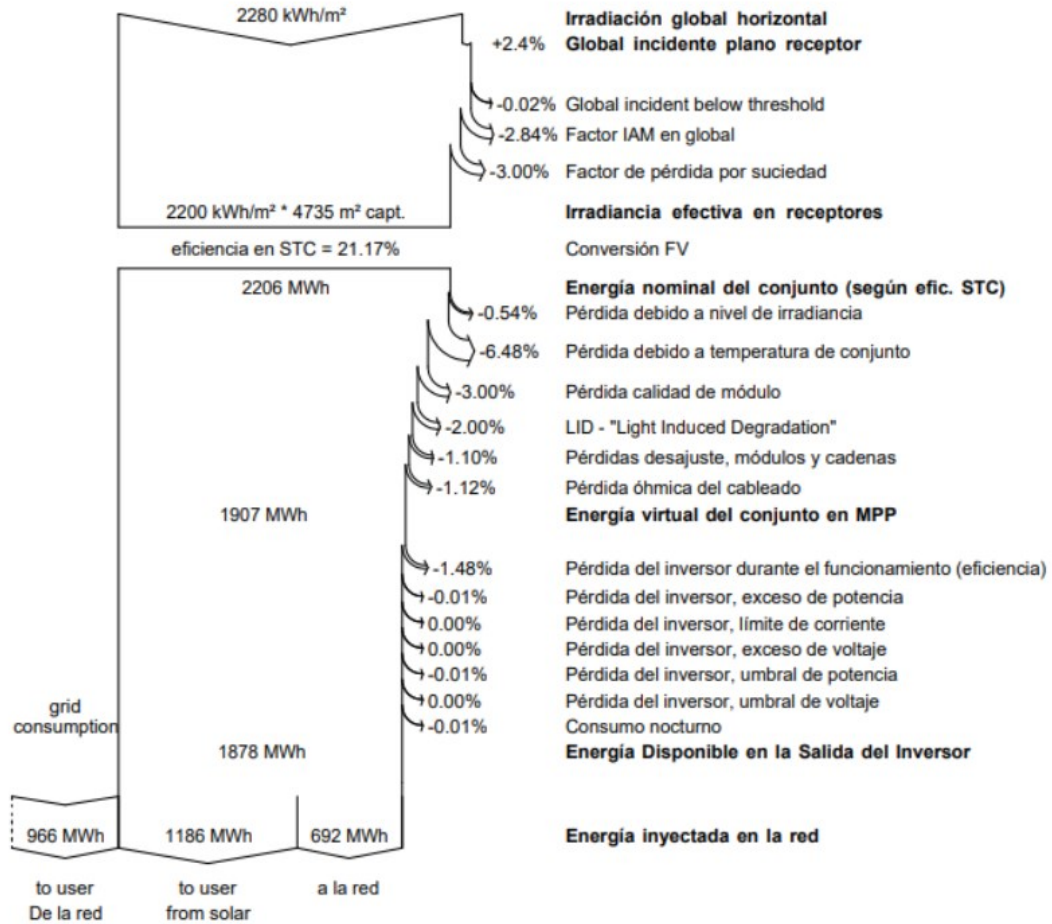
Esto sería en potencia solar o pico= 545 w x 2392 /1000 = 1303 KWP, por criterio técnico y no sobredimensionamiento, para evitar inyección de energía sin una compensación adecuada por el operador de red, se selecciona un sistema para la institución de 1MWP en paneles solares y 800 kW en inversores.

Tabla 6. Parámetros de simulación de sistemas fotovoltaicos

PVSYST V6.88	AO SOLAR SAS (colombia)		22/05/23	Página 1/5										
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación														
Proyecto : Mary Mount 1MWP														
Sitio geográfico	Altamira	País	Colombia											
Ubicación	Latitud	11.02° N	Longitud	-74.90° W										
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT-5	Altitud	11 m										
Datos meteorológicos:	Altamira	NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Sintético												
Variante de simulación : Nueva variante de simulación														
	Fecha de simulación	22/05/23 21h26												
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados												
Orientación plano captador	Inclinación	12°	Acimut	0°										
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteorom										
Horizonte	Sin horizonte													
Sombreados cercanos	Sin sombreado													
Necesidades del usuario :	Definición ext. por archivo	PARAMS_Hourly_Parameter_Template.csv												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
	161401	172185	203583	153528	214297	157175	145297	214297	209935	195676	179628	145297	*52299	kWh
Características del conjunto FV														
Módulo FV	Si-mono	Modelo	JKM545M-72HL4											
Parámetros definidos por el usuario	Fabricante	Jinkosolar												
Número de módulos FV	En serie	18 módulos	En paralelo	102 cadenas										
Núm. total de módulos FV	Núm. módulos	1836	Pnom unitaria	545 Wp										
Potencia global del conjunto	Nominal (STC)	1001 kWp	En cond. de funciona.	922 kWp (50°C)										
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)	U mpp	680 V	I mpp	1356 A										
Superficie total	Superficie módulos	4735 m²												
Inversor														
	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-480Vac												
Base de datos Pvsyst original	Fabricante	Huawei Technologies												
Características	Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	100 kWac										
			Potencia máx. (=>40°C)	110 kWac										
Paquete de inversores	Núm. de inversores	8 unidades	Potencia total	800 kWac										
			Relación Pnom	1.25										

Fuente: (AO Solar, 2023).

Gráfico 8. Irradiación, pérdidas y energía inyectada a la red



Fuente: (AO Solar, 2023).

6.4 Estudio Ambiental

Este es uno de los aspectos más importantes a estudiar en la prefactibilidad de un proyecto, ya que la implementación de este tipo de fuentes de energía lo que busca es ser amigable con el medio ambiente y no perjudicar el planeta; en ese orden de ideas, se plasman las ventajas y desventajas del mismo y las políticas que respaldan o se exigen para estos casos.

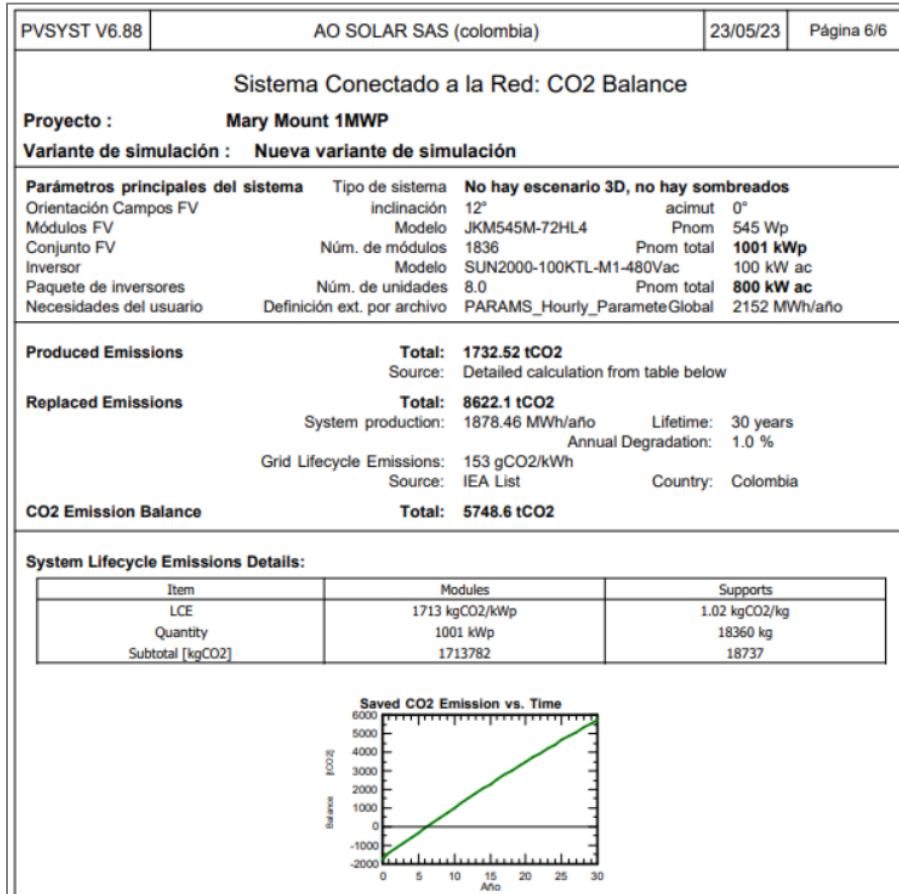
Tabla 7. Organización de estudio ambiental

Etapa	Actividad	Impacto Ambiental			Comentarios
		BAJO	MEDIO	ALTO	
PLANEACIÓN	REVISIÓN PREELIMINAR DE INGENIERÍA (REVISIÓN DE ÁREAS, DISEÑOS, INVENTARIOS, CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA)	X			ES UNA ETAPA DE INGENIERÍA SIN AFECTACIÓN FÍSICA
TRANSPORTE	TRANSPORTE DE EQUIPOS, MAQUINARIAS Y CONSUMIBLES	X			EN ESTA ETAPA NO HABRÍA AFECTACIÓN DEBIDO A QUE LA PROYECCIÓN DE PROYECTOS ES EN INDUSTRIA Y COMERCIO DONDE SE CONSIDERA ZONA URBANA
CONSTRUCCIÓN	INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE PANELES, FIJACIÓN DE PANELES, TENDIDO DE CABLEADO, INSTALACIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS, CONEXIONADO ELÉCTRICO, PUESTA EN MARCHA	X			ESTE ITEM ES DE LOS MÁS IMPORTANTES, SIN EMBARGO, NO HAY IMPACTO AMBIENTAL, DEBIDO A QUE SON TRABAJOS MANUALES, FÍSICOS Y NO SE INVOLUCRAN ACTIVIDADES COMO TALADO, QUEMAS O DE REACCIONES QUÍMICAS, SON TRABAJOS MANUALES.
OPERACIÓN	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA, GENERACIÓN DEL SISTEMA, MANTENIMIENTOS	X			NO HAY AFECTACIÓN AMBIENTAL, PARA MANTENIMIENTOS SE USA SOLO AGUA PARA EL LAVADO Y EN EL ÁMBITO DE GENERACIÓN, EL SISTEMA SOLAR PERMITE QUE CADA CLIENTE FINAL CONSUMA DIRECTAMENTE DEL SOL Y APROVECHA LA IRRADIANCIA.
DESMANTELAMIENTO	RETIRO DE EQUIPOS LUEGO DE 30 AÑOS DE SU VIDA ÚTIL		X		NO HAY EN COLOMBIA AÚN UN PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS O DISPOSICIÓN FINAL, ESTO PODRÍA OCASIONAR UNA PEQUEÑA AFECTACIÓN A LARGO PLAZO

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En este proyecto específico no aplican los siguientes escenarios: apertura de caminos, realización de campamentos en zona rural, poda o tala de árboles, utilización de servidumbres de predios aledaños. La implementación de este tipo de proyectos sobre cubiertas de predios mejora la eficiencia energética de los clientes, ya que la irradiancia es recibida por los módulos solares y ya no sobre la losa o techos del cliente, esto beneficiaría la mejora térmica en edificaciones que, como nuestro caso, bajaría el esfuerzo térmico y los aires acondicionados trabajarían con mejor eficiencia.

Gráfico 9. Simulación de equivalencia en disminución de CO2 a la atmósfera



Fuente: (AO Solar, 2023).

Según simulación estándar del software PVsyst, estos son los resultados.

Instalar un sistema de 1 MWP o 800 KW en inversores equivale a dejar de emitir 5748.6 toneladas de dióxido de carbono en un año.

Para este caso puntual, no se necesitan licencias ambientales por parte del ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), ya que es un proyecto de autogeneración para autoconsumo y no un parque solar que conectaría al sistema interconectado nacional y líneas de transmisión.

Tabla 8. Compensación arbórea proyecto 800kW (XM, 2020)

Gramos de CO2 por kWh Colombia	164,38
kWh anuales generados	1.878.458,13
Gramos de CO2 anuales	308.780.946,59
Factor para toneladas de CO2	0,00016438
Toneladas de CO2 anuales matriz en Colombia	50.757,41
1 ton de CO2 equivale a árboles adultos:	6,00
Compensación arbórea del proyecto	304.544

Fuente: (AO Solar, 2023).

Es importante resaltar que implementar este tipo de proyectos facilita la obtención de ciertos certificados o sellos verdes, uno de estos es la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), este certificado no aplica exclusivamente a viviendas, sino también a cualquier tipo de construcción nueva o rehabilitadas que implementen estrategias sostenibles en sus instalaciones.

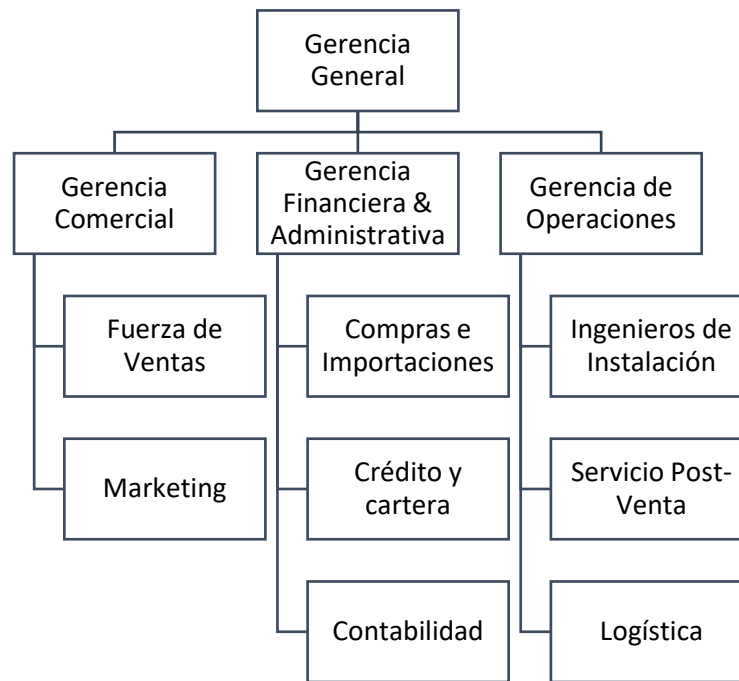
Beneficios: Valorización del inmueble o negocio, reducción de emisiones, beneficios fiscales, concientización de propietarios y todas las partes sobre el cuidado de medio ambiente. Todo esto en búsqueda del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles, ODS, para el cuidado del planeta.

6.5 Estudio Organizacional del proyecto

La ejecución de un proyecto de energía solar necesita personal calificado que esté capacitado y tenga las competencias para atender las diferentes fases de la operación; para este estudio de prefactibilidad, se contemplan mínimo tres áreas principales que son las responsables de canalizar los requerimientos y dar soporte a las empresas interesadas en implementar energía fotovoltaica.

Un grupo comercial a cargo de la promoción del portafolio de productos y servicios, un área financiera y administrativa, que se encarga de la gestión presupuestaria, aprobación de crédito para las diferentes negociaciones y de compras de materias primas, y un equipo de operaciones a cargo de la distribución, instalación y mantenimiento de los sistemas.

Gráfico 10. Estructura Organizacional de un proyecto de energía solar



Fuente: (AO Solar, 2023).

6.6 Estudio legal del proyecto

En este ítem se busca la revisión legal y los pasos a seguir para radicar un proyecto ante el operador de red local, que deben cumplir con las regulaciones nacionales.

1. Ley 142 y 143 de 1994: En estas se establecen los derechos de los servicios públicos domiciliarios a través de la constitución, la 142 hace referencia sobre servicios públicos y la 143 establece estrictamente la regulación eléctrica. Se definen los parámetros como generación, distribución, transmisión, comercialización, pérdidas, a nivel nacional (Jaramillo Barrera y Solano Gómez, 2019).

2. Ley 1715 de 2014: Esta es la encargada de promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, aquellas de carácter renovable. Esta ley busca la disminución de las emisiones y la seguridad de abastecimiento energético, ya sea en zonas interconectadas o no interconectadas. La UPME es la encargada de esta ley y, en pocas palabras, brinda incentivos financieros y fiscales a cualquiera que haga este tipo de inversiones (UPME, 2014).

3. CREG 174 de 2021: Esta entró en operación en noviembre del año 2021, aplica para la regulación de aspectos operativos y comerciales, que permiten la integración del sistema interconectado nacional, esta es de suma importancia porque se dan los lineamientos de conexión con el operador de red y, adicionalmente, cómo se reconocen los excedentes de energía entregada a la red (AIR-E, 2021).

Ahora bien, se debe conocer la clasificación según la CREG, pues se considera AGPE autogenerador a pequeña escala, al usuario que produce energía eléctrica, con capacidad instalada no mayor a 1 mw.

6.5.1 Reconocimiento de energía

Para AGPE con capacidad mayor a 100 KW, la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG contempla dos tipos de reconocimiento.

1. Crédito de energía:

Los excedentes acumulados de energía que sean menores o iguales a su importación de energía de la red serán permutados, en la misma cantidad, por su importación de energía eléctrica de la red en el período de facturación. Por los excedentes que sean permutados, el comercializador cobra Transmisión, distribución, comercialización, pérdidas reconocidas y restricciones, descritas anteriormente en la factura del cliente caso de estudio. (CREG 174 2021, p.32)

2. Valoración horaria:

Cuando la energía excedente sobrepase la importación del OR, se liquidarán a precio horario de bolsa (CREG, 2021).

6.5.2 Proceso de conexión con el operador de red AIR-E

1. Diligenciar formulario de solicitud de conexión simplificada, es un formato en línea, donde muestra inicialmente la capacidad disponible.
2. Anexo de documentación propia del cliente y del promotor o constructor del proyecto.
3. Estudio de conexión simplificado, en el caso puntual es el software digsilent.
4. Verificación técnica y aprobación.
5. Visita técnica de protecciones.
6. Cambio de medidor a bidireccional con tele gestión.
7. Conexión de planta.

Luego de estos pasos, el operador debe clasificar al usuario como AGPE, para que en su facturación venga el detalle de energía reconocida en pesos colombianos.

6.7 Análisis de Riesgos

El riesgo es la probabilidad de que se produzca un evento poco favorable que afecte la ejecución de una actividad. Los riesgos en proyectos se analizan no para evitarlos en su totalidad, ya que siempre estarán presentes, pero el objetivo principal es minimizar estos eventos que podrían ocasionar pérdidas de algún tipo (Jaramillo Barrera y Solano Gómez, 2019).

En este estudio se consideran los riesgos tanto positivos como negativos que involucran los diferentes estudios.

6.7.1 Riesgos políticos

En este ámbito el riesgo primordial sería los cambios regulatorios para la conexión de los sistemas solares o la eliminación de incentivos tributarios como la Ley 1715 anteriormente mencionada, un aspecto importante dentro de estos proyectos en la actualidad es que el gobierno nacional hace algunos años reguló la compra de inversores y paneles solares exentos de IVA (Jaramillo Barrera y Solano Gómez, 2019).

Actualmente se considera un riesgo político la incertidumbre existente a nivel nacional, intercambios con el extranjero, la construcción de esta obra en particular no tomaría más de un año, sin embargo, la toma de decisiones o formas de pago pueden afectar el flujo del constructor o el perfecto cumplimiento para la energización.

En cuanto a riesgos positivos, se puede visualizar que en Colombia el gobierno nacional tiene una política pública muy agresiva a favor del medio ambiente y la convicción de la transición energética, por tal razón, tiene sentido pensar en nuevas regulaciones y exenciones que incentiven la implementación de la energía solar en el país.

6.7.2 Riesgos de montaje

Aunque este riesgo es en la ejecución, y estará en la etapa posterior a la aprobación de la factibilidad, se estima dejarlo sentado en este trabajo.

Estos van enfocados en el error humano al momento de implementar el sistema, como, por ejemplo: instalación estructural, fijación de paneles, conexión de cables, encendido de equipos; en este orden de ideas, la figura de un jefe o supervisor del proyecto forma parte fundamental para minimizar esta probabilidad de riesgo (Jaramillo Barrera y Solano Gómez, 2019).

6.7.3 Riesgo financiero

Este es de suma importancia dentro de análisis de riesgo, ya que todos los agentes de la implementación del proyecto son importantes, primero el pago de anticipo para el constructor, segundo la solicitud de pólizas de buen manejo de anticipo, pólizas de pagos salariales, pólizas de responsabilidad civil y extracontractuales, así como pólizas de cumplimiento, por eso representa un riesgo importante. El éxito de este tipo de proyectos es el buen uso de los recursos en todas las áreas. El aumento del dólar respecto al peso colombiano ocasionaría un aumento en el CAPEX del proyecto, directamente en la compra de inversores y paneles solares, que por lo regular son importados, afectaría en tomas de decisión y adquisición de los componentes mencionados (Jaramillo Barrera y Solano Gómez, 2019).

Si bien es cierto que la volatilidad del dólar puede generar incertidumbre, también se estima que ya ha logrado sus máximos y debido a la mejora de la inflación a nivel mundial puede llegar a estabilizarse. Adicionalmente, debido a la masificación de la tecnología que involucran estos equipos, se ha notado la disminución paulatina de los precios en dólares de los componentes y se espera que sigan en descenso, logrando tener un mayor estímulo de compra y un mejor precio CAPEX.

6.7.4 Riesgos sociales o ambientales

Hablando de riesgos sociales no tendría impacto negativo, de forma contraria, se podría hablar de un beneficio a todo nivel, debido a lo que origina como parte de la solución para la sostenibilidad del planeta.

A corto plazo los beneficios ambientales son innumerables, sin embargo, se ha identificado un riesgo a largo plazo mayor de 25 años, que es la disposición final de los equipos cuando ya estos equipos no sean eficientes. Este podría ser la base de muchos estudios para lograr el aprovechamiento vía reciclaje de estos componentes.

Otro factor de extrema importancia en Colombia es la inestabilidad de las lluvias que logran abastecer las hidroeléctricas, generando esto un riesgo de sequía y, consecuente con la baja producción energética, se podría considerar masificar las soluciones solares para reemplazar la producción necesaria para suplir el desabastecimiento.

6.7.5 Riesgos en la bolsa energética

En estos proyectos se espera una utilidad asociada a la diferencia entre la tarifa en COP del operador de red versus el ahorro obtenido por el sistema solar, a nivel histórico se conoce que la tarifa eléctrica en el país ha aumentado, por lo menos el último año en el departamento del Atlántico 44%, siendo esto beneficioso para el usuario final.

6.8 Estudio económico-financiero del proyecto

Una cotización actualizada a mayo de 2023 de los componentes a utilizar para una planta de 1000 Kw, para el proyecto en mención de una institución educativa en el departamento del Atlántico, se describen detalladamente los componentes a utilizar para el CAPEX.

Tabla 9. Costo de inversión de proyecto colegio en el departamento del Atlántico

COMPONENTES	MARCA	REFERENCIA	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PANEL SOLAR		PANEL SOLAR 545 TRINASOLAR- JA SOLAR -JINKO	1836	\$ 931.250	\$ 1.709.775.000
INVERSOR	FRONIUS	INVERSOR HUAWEI 100 KW	8	\$ 33.660.000	\$ 269.280.000
ESTRUCTURA (KWP)		ESTRUCTURA SOLAR, MCLAMPS, ENDCLAMPS, RIEL, LCLAMPS, GROUNDCLAMP	1009,8	\$ 473.750	\$ 478.392.750
PROTECCIONES DC		CAJA DE PROTECCIONES (DC, FUSIBLES, DPS, ENVOLVENTE)	1	\$ 18.211.500	\$ 18.211.500
PROTECCIONES AC		PROTECCIONES AC (BREAKERS, DPS, ENVOLVENTE)	1	\$ 66.430.000	\$ 66.430.000
CABLEADO DC		CABLE PV 6MM2 CU(FLEX) XLPE SR 600 VAC-1.8 KVDC 90°C PVC	34500	\$ 6.760	\$ 233.220.000
CABLEADO TIERRA DC		CABLE # 10 AWG THHN/THWN-2 90°C 600 V CU	6000	\$ 5.993	\$ 35.958.000
CABLEADO AC INVERSORES OUT		CABLE # 1/0 AWG THHN/THWN-2 90°C 600 V CU	400	\$ 58.318	\$ 23.327.200
CABLEADO TIERRA AC INVERSORES		CABLE # 6 AWG THHN/THWN-2 90°C 600 V CU	100	\$ 14.352	\$ 1.435.200
CABLEADO AC-1	4XL	CABLE # 350 AWG THHN/THWN-2 90°C 600 V CU	400	\$ 192.400	\$ 76.960.000
CABLE DE TIERRA AC-1	1	CABLE # 2/0 AWG THHN/THWN-2 90°C 600 V CU	50	\$ 72.800	\$ 3.640.000
MNONTAJE KWP	AO SOLAR	INSTALACION LLAVE EN MANO DEL PROYECTO	1009,8	\$ 364.000	\$ 367.567.200
TUBERIA/CANALIZACIONES		TUBERIA/CANALIZACIONES	1	\$ 71.500.000	\$ 71.500.000
CONTROL Y MONITOREO	SMART METER	SMART METER, INCLUYE TC'S	1	\$ 8.125.000	\$ 8.125.000
CERTIFICACION RETIE DEL PROYECTO SOLAR		CERTIFICACION RETIE DEL PROYECTO SOLAR	1	\$ 15.600.000	\$ 15.600.000
OBRAS CIVILES		CUARTOS ELECTRICO/ OBRAS CIVILES	1	\$ 118.750.000	\$ 118.750.000
INGENIERIA DE DETALLE		INGENIERIA DE DETALLE, DISEÑO PV SYST, MEMORIAS DE CÁLCULO ELÉCTRICO PLANIMETRIA, RADICACION OR	1	\$ 40.040.000	\$ 40.040.000
POLIZAS DEL PROYECTO		POLIZAS DEL PROYECTO	1	\$ 67.600.000	\$ 67.600.000
TRANSPORTE		TRANSPORTE Y LOGISTICA DE DESCARGUE	1	\$ 26.000.000	\$ 26.000.000
VIATICOS		RECONECTADOR Y CNO 1602	1	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000
IZAJE		SST Y EQUIPOS DE TRABAJO EN ALTURA	1	\$ 19.500.000	\$ 19.500.000
TRABAJO EN ALTURA		MODEM DE INTERNET Y TELECOMUNICACIONES / MEDIDOR BIDIRECCIONAL	1	\$ 5.850.000	\$ 5.850.000
SUBTOTAL ANTES DE IVA					\$ 3.757.161.850
IVA 19 %					\$ 337.840.302
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 4.095.002.152

Fuente: (AO Solar, 2023).

Los incentivos tributarios para proyectos de energías renovables y, específicamente los de energía solar, están exentos de aranceles e IVA al momento de la importación.

El valor de IVA del 19% es de los elementos eléctricos consumibles a comprar localmente, sin embargo, aunque se puede presentar una reclamación para devolución de este valor para reembolso a la DIAN, para efectos prácticos se decide dejarlos en:

Tabla 10. Análisis financiero con inversión directa

DEM ANUAL	PROD. ANUAL	CONS ANUAL	EXPO ANUAL	EXPO ANUAL 2
2.152.302,98	1.878.458,13	1.186.298,01	692.160,12	0,00

DEMANDA ANUAL ESTIMADA	2.152.302,98
TAMAÑO DEL SSFV EN KWH	1.000,00
VALOR DEL KWH ACTUAL COP\$	\$ 554,55
INDEXADO ANUAL O.R. %	10%
GENERACIÓN ANUAL EN KWH	1.878.458,13
AHORRO AÑO 1 EN COP\$	\$ 855.258.704

AHORRO

BENEFICIO DE RENTA	\$ 696.150.366
--------------------	----------------

O&M SSFV	\$ 40.000.000
----------	---------------

INDEXADO ANUAL O&M	4%
--------------------	----

PAGO ANUAL SIN SSFV	\$ 1.193.559.618	71,7%
VALOR DE kWh exportado	\$ 285,19	

ANÁLISIS FINANCIERO CON RECURSOS PROPIOS				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
INVERSIÓN DE LA PLANTA	-\$ 4.095.002.152			
O&M DE LA PLANTA		\$ 0	-\$ 40.000.000	-\$ 41.600.000
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN		\$ 855.258.704	\$ 935.610.259	\$ 1.023.510.843
FLUJO ANUAL EN COP\$		\$ 855.258.704	\$ 895.610.259	\$ 981.910.843
FLUJO ANUAL ACUMULADO		-\$ 3.239.743.447	-\$ 2.344.133.188	-\$ 1.362.222.345
		AÑO 4	AÑO 5	AÑO 15
O&M DE LA PLANTA		-\$ 43.264.000	-\$ 44.994.560	-\$ 66.602.940
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN		\$ 1.119.669.687	\$ 1.224.862.654	\$ 3.006.506.308
FLUJO ANUAL EN COP\$		\$ 1.076.405.687	\$ 1.179.868.094	\$ 2.939.903.368
FLUJO ANUAL ACUMULADO		-\$ 285.816.658	\$ 894.051.436	\$ 22.636.091.238
		AÑO 25		
O&M DE LA PLANTA		-\$ 98.588.622		
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN		\$ 7.379.668.367		
FLUJO ANUAL EN COP\$		\$ 7.281.079.745		
FLUJO ANUAL ACUMULADO		\$ 73.619.754.510		

Promedio mensual ahorro año 5	\$ 98.322.341
Mes del año 5 en saldar inversión	3

TIR	30%
Retorno de inver	4 años y 3 meses

Fuente: (AO Solar, 2023).

- El ahorro económico del colegio, luego de instalar el proyecto, sería del 71,7% anual.
- En este proyecto **NO** se descuenta el beneficio de renta de la Ley 1715 de \$696.150.366, por ser una entidad sin ánimo de lucro.
- En operación y mantenimiento se considera \$40.000.000 en gastos anuales.
- El incremento de la tarifa de energía anual se considera 10%, siendo conservadora.
- La recuperación de la inversión con recursos propios se da en el año 4 y 3 meses.
- Invirtiendo con recursos propios, se obtiene una TIR del 30 % a 25 años.

- Al finalizar el año 5 se tiene una utilidad de 894.051.436.

Tabla 11. Análisis financiero con financiación bancaria

TASA EFECTIVA ANUAL	18,35%
NPER	12
TASA NOMINAL	17,0%
TASA NOMINAL MES VENCIDO	1,41%

CUOTA FIJA MENSUAL POR 10 AÑOS	\$ 71.083.112
---------------------------------------	----------------------

CUOTA FIJA
\$ 71.083.112

INVERSIÓN	TOTAL	TEA	TNMV	PLAZO MESES
\$ 4.095.002.152	\$ 4.095.002.152	18,35%	1,41%	120

AMORTIZACIÓN					
MES	SALDO INICIAL	CUOTA	INTERÉS	ABONO A CAPITAL	SALDO FINAL
1	\$ 4.095.002.152	\$ 71.083.112	\$ 57.898.000	\$ 13.185.112	\$ 4.081.817.040
2	\$ 4.081.817.040	\$ 71.083.112	\$ 57.711.580	\$ 13.371.532	\$ 4.068.445.508
3	\$ 4.068.445.508	\$ 71.083.112	\$ 57.522.524	\$ 13.560.588	\$ 4.054.884.920
4	\$ 4.054.884.920	\$ 71.083.112	\$ 57.330.795	\$ 13.752.317	\$ 4.041.132.603
5	\$ 4.041.132.603	\$ 71.083.112	\$ 57.136.355	\$ 13.946.757	\$ 4.027.185.846
6	\$ 4.027.185.846	\$ 71.083.112	\$ 56.939.166	\$ 14.143.946	\$ 4.013.041.901
7	\$ 4.013.041.901	\$ 71.083.112	\$ 56.739.189	\$ 14.343.923	\$ 3.998.697.978
8	\$ 3.998.697.978	\$ 71.083.112	\$ 56.536.384	\$ 14.546.727	\$ 3.984.151.251
9	\$ 3.984.151.251	\$ 71.083.112	\$ 56.330.713	\$ 14.752.399	\$ 3.969.398.852
10	\$ 3.969.398.852	\$ 71.083.112	\$ 56.122.133	\$ 14.960.979	\$ 3.954.437.873
11	\$ 3.954.437.873	\$ 71.083.112	\$ 55.910.604	\$ 15.172.507	\$ 3.939.265.366
12	\$ 3.939.265.366	\$ 71.083.112	\$ 55.696.085	\$ 15.387.027	\$ 3.923.878.339
13	\$ 3.923.878.339	\$ 71.083.112	\$ 55.478.532	\$ 15.604.579	\$ 3.908.273.759
14	\$ 3.908.273.759	\$ 71.083.112	\$ 55.257.904	\$ 15.825.208	\$ 3.892.448.551
15	\$ 3.892.448.551	\$ 71.083.112	\$ 55.034.156	\$ 16.048.956	\$ 3.876.399.596
16	\$ 3.876.399.596	\$ 71.083.112	\$ 54.807.244	\$ 16.275.867	\$ 3.860.123.728

17	\$ 3,860,123.728	\$ 71,083.112	\$ 54,577.125	\$ 16,505.987	\$ 3,843,617.742
18	\$ 3,843,617.742	\$ 71,083.112	\$ 54,343.752	\$ 16,739.360	\$ 3,826,878.382
19	\$ 3,826,878.382	\$ 71,083.112	\$ 54,107.079	\$ 16,976.033	\$ 3,809,902.349
20	\$ 3,809,902.349	\$ 71,083.112	\$ 53,867.060	\$ 17,216.052	\$ 3,792,686.298
21	\$ 3,792,686.298	\$ 71,083.112	\$ 53,623.647	\$ 17,459.464	\$ 3,775,226.833
22	\$ 3,775,226.833	\$ 71,083.112	\$ 53,376.793	\$ 17,706.318	\$ 3,757,520.515
23	\$ 3,757,520.515	\$ 71,083.112	\$ 53,126.449	\$ 17,956.663	\$ 3,739,563.853
24	\$ 3,739,563.853	\$ 71,083.112	\$ 52,872.565	\$ 18,210.546	\$ 3,721,353.306
25	\$ 3,721,353.306	\$ 71,083.112	\$ 52,615.092	\$ 18,468.020	\$ 3,702,885.286
26	\$ 3,702,885.286	\$ 71,083.112	\$ 52,353.978	\$ 18,729.134	\$ 3,684,156.153
27	\$ 3,684,156.153	\$ 71,083.112	\$ 52,089.172	\$ 18,993.939	\$ 3,665,162.214
28	\$ 3,665,162.214	\$ 71,083.112	\$ 51,820.623	\$ 19,262.489	\$ 3,645,899.725
29	\$ 3,645,899.725	\$ 71,083.112	\$ 51,548.276	\$ 19,534.835	\$ 3,626,364.890
30	\$ 3,626,364.890	\$ 71,083.112	\$ 51,272.079	\$ 19,811.032	\$ 3,606,553.857
31	\$ 3,606,553.857	\$ 71,083.112	\$ 50,991.977	\$ 20,091.135	\$ 3,586,462.723
32	\$ 3,586,462.723	\$ 71,083.112	\$ 50,707.914	\$ 20,375.197	\$ 3,566,087.526
33	\$ 3,566,087.526	\$ 71,083.112	\$ 50,419.836	\$ 20,663.276	\$ 3,545,424.250
34	\$ 3,545,424.250	\$ 71,083.112	\$ 50,127.684	\$ 20,955.428	\$ 3,524,468.822
35	\$ 3,524,468.822	\$ 71,083.112	\$ 49,831.401	\$ 21,251.710	\$ 3,503,217.112
36	\$ 3,503,217.112	\$ 71,083.112	\$ 49,530.930	\$ 21,552.182	\$ 3,481,664.930
37	\$ 3,481,664.930	\$ 71,083.112	\$ 49,226.210	\$ 21,856.901	\$ 3,459,808.029
38	\$ 3,459,808.029	\$ 71,083.112	\$ 48,917.182	\$ 22,165.930	\$ 3,437,642.099
39	\$ 3,437,642.099	\$ 71,083.112	\$ 48,603.785	\$ 22,479.327	\$ 3,415,162.772
40	\$ 3,415,162.772	\$ 71,083.112	\$ 48,285.956	\$ 22,797.155	\$ 3,392,365.617
41	\$ 3,392,365.617	\$ 71,083.112	\$ 47,963.634	\$ 23,119.478	\$ 3,369,246.139
42	\$ 3,369,246.139	\$ 71,083.112	\$ 47,636.755	\$ 23,446.357	\$ 3,345,799.783
43	\$ 3,345,799.783	\$ 71,083.112	\$ 47,305.254	\$ 23,777.858	\$ 3,322,021.925
44	\$ 3,322,021.925	\$ 71,083.112	\$ 46,969.066	\$ 24,114.046	\$ 3,297,907.879
45	\$ 3,297,907.879	\$ 71,083.112	\$ 46,628.125	\$ 24,454.987	\$ 3,273,452.892
46	\$ 3,273,452.892	\$ 71,083.112	\$ 46,282.363	\$ 24,800.749	\$ 3,248,652.143
47	\$ 3,248,652.143	\$ 71,083.112	\$ 45,931.713	\$ 25,151.399	\$ 3,223,500.744
48	\$ 3,223,500.744	\$ 71,083.112	\$ 45,576.105	\$ 25,507.007	\$ 3,197,993.737
49	\$ 3,197,993.737	\$ 71,083.112	\$ 45,215.469	\$ 25,867.643	\$ 3,172,126.095
50	\$ 3,172,126.095	\$ 71,083.112	\$ 44,849.734	\$ 26,233.378	\$ 3,145,892.717
51	\$ 3,145,892.717	\$ 71,083.112	\$ 44,478.828	\$ 26,604.283	\$ 3,119,288.433
52	\$ 3,119,288.433	\$ 71,083.112	\$ 44,102.678	\$ 26,980.433	\$ 3,092,308.000
53	\$ 3,092,308.000	\$ 71,083.112	\$ 43,721.210	\$ 27,361.902	\$ 3,064,946.098
54	\$ 3,064,946.098	\$ 71,083.112	\$ 43,334.348	\$ 27,748.763	\$ 3,037,197.335
55	\$ 3,037,197.335	\$ 71,083.112	\$ 42,942.017	\$ 28,141.095	\$ 3,009,056.240
56	\$ 3,009,056.240	\$ 71,083.112	\$ 42,544.138	\$ 28,538.973	\$ 2,980,517.267
57	\$ 2,980,517.267	\$ 71,083.112	\$ 42,140.634	\$ 28,942.477	\$ 2,951,574.790

58	\$ 2.951.574.790	\$ 71.083.112	\$ 41.731.426	\$ 29.351.686	\$ 2.922.223.104
59	\$ 2.922.223.104	\$ 71.083.112	\$ 41.316.431	\$ 29.766.681	\$ 2.892.456.423
60	\$ 2.892.456.423	\$ 71.083.112	\$ 40.895.569	\$ 30.187.543	\$ 2.862.268.881
61	\$ 2.862.268.881	\$ 71.083.112	\$ 40.468.756	\$ 30.614.355	\$ 2.831.654.525
62	\$ 2.831.654.525	\$ 71.083.112	\$ 40.035.909	\$ 31.047.202	\$ 2.800.607.323
63	\$ 2.800.607.323	\$ 71.083.112	\$ 39.596.942	\$ 31.486.170	\$ 2.769.121.153
64	\$ 2.769.121.153	\$ 71.083.112	\$ 39.151.769	\$ 31.931.343	\$ 2.737.189.810
65	\$ 2.737.189.810	\$ 71.083.112	\$ 38.700.301	\$ 32.382.811	\$ 2.704.807.000
66	\$ 2.704.807.000	\$ 71.083.112	\$ 38.242.450	\$ 32.840.661	\$ 2.671.966.338
67	\$ 2.671.966.338	\$ 71.083.112	\$ 37.778.126	\$ 33.304.986	\$ 2.638.661.353
68	\$ 2.638.661.353	\$ 71.083.112	\$ 37.307.237	\$ 33.775.875	\$ 2.604.885.478
69	\$ 2.604.885.478	\$ 71.083.112	\$ 36.829.690	\$ 34.253.422	\$ 2.570.632.057
70	\$ 2.570.632.057	\$ 71.083.112	\$ 36.345.391	\$ 34.737.720	\$ 2.535.894.336
71	\$ 2.535.894.336	\$ 71.083.112	\$ 35.854.245	\$ 35.228.867	\$ 2.500.665.470
72	\$ 2.500.665.470	\$ 71.083.112	\$ 35.356.155	\$ 35.726.957	\$ 2.464.938.513
73	\$ 2.464.938.513	\$ 71.083.112	\$ 34.851.022	\$ 36.232.090	\$ 2.428.706.423
74	\$ 2.428.706.423	\$ 71.083.112	\$ 34.338.747	\$ 36.744.364	\$ 2.391.962.059
75	\$ 2.391.962.059	\$ 71.083.112	\$ 33.819.230	\$ 37.263.882	\$ 2.354.698.177
76	\$ 2.354.698.177	\$ 71.083.112	\$ 33.292.367	\$ 37.790.744	\$ 2.316.907.433
77	\$ 2.316.907.433	\$ 71.083.112	\$ 32.758.055	\$ 38.325.056	\$ 2.278.582.377
78	\$ 2.278.582.377	\$ 71.083.112	\$ 32.216.189	\$ 38.866.923	\$ 2.239.715.454
79	\$ 2.239.715.454	\$ 71.083.112	\$ 31.666.661	\$ 39.416.450	\$ 2.200.299.004
80	\$ 2.200.299.004	\$ 71.083.112	\$ 31.109.364	\$ 39.973.748	\$ 2.160.325.256
81	\$ 2.160.325.256	\$ 71.083.112	\$ 30.544.187	\$ 40.538.924	\$ 2.119.786.331
82	\$ 2.119.786.331	\$ 71.083.112	\$ 29.971.019	\$ 41.112.092	\$ 2.078.674.239
83	\$ 2.078.674.239	\$ 71.083.112	\$ 29.389.748	\$ 41.693.364	\$ 2.036.980.876
84	\$ 2.036.980.876	\$ 71.083.112	\$ 28.800.258	\$ 42.282.853	\$ 1.994.698.022
85	\$ 1.994.698.022	\$ 71.083.112	\$ 28.202.434	\$ 42.880.678	\$ 1.951.817.344
86	\$ 1.951.817.344	\$ 71.083.112	\$ 27.596.157	\$ 43.486.955	\$ 1.908.330.389
87	\$ 1.908.330.389	\$ 71.083.112	\$ 26.981.308	\$ 44.101.804	\$ 1.864.228.585
88	\$ 1.864.228.585	\$ 71.083.112	\$ 26.357.766	\$ 44.725.346	\$ 1.819.503.239
89	\$ 1.819.503.239	\$ 71.083.112	\$ 25.725.407	\$ 45.357.704	\$ 1.774.145.535
90	\$ 1.774.145.535	\$ 71.083.112	\$ 25.084.108	\$ 45.999.003	\$ 1.728.146.532
91	\$ 1.728.146.532	\$ 71.083.112	\$ 24.433.742	\$ 46.649.369	\$ 1.681.497.163
92	\$ 1.681.497.163	\$ 71.083.112	\$ 23.774.181	\$ 47.308.930	\$ 1.634.188.233
93	\$ 1.634.188.233	\$ 71.083.112	\$ 23.105.294	\$ 47.977.817	\$ 1.586.210.416
94	\$ 1.586.210.416	\$ 71.083.112	\$ 22.426.951	\$ 48.656.161	\$ 1.537.554.255
95	\$ 1.537.554.255	\$ 71.083.112	\$ 21.739.016	\$ 49.344.096	\$ 1.488.210.159
96	\$ 1.488.210.159	\$ 71.083.112	\$ 21.041.354	\$ 50.041.757	\$ 1.438.168.402
97	\$ 1.438.168.402	\$ 71.083.112	\$ 20.333.829	\$ 50.749.282	\$ 1.387.419.119
98	\$ 1.387.419.119	\$ 71.083.112	\$ 19.616.300	\$ 51.466.811	\$ 1.335.952.308

99	\$ 1.335.952.308	\$ 71.083.112	\$ 18.888.627	\$ 52.194.485	\$ 1.283.757.823
100	\$ 1.283.757.823	\$ 71.083.112	\$ 18.150.665	\$ 52.932.447	\$ 1.230.825.376
101	\$ 1.230.825.376	\$ 71.083.112	\$ 17.402.269	\$ 53.680.843	\$ 1.177.144.533
102	\$ 1.177.144.533	\$ 71.083.112	\$ 16.643.291	\$ 54.439.820	\$ 1.122.704.713
103	\$ 1.122.704.713	\$ 71.083.112	\$ 15.873.583	\$ 55.209.528	\$ 1.067.495.185
104	\$ 1.067.495.185	\$ 71.083.112	\$ 15.092.992	\$ 55.990.119	\$ 1.011.505.066
105	\$ 1.011.505.066	\$ 71.083.112	\$ 14.301.365	\$ 56.781.747	\$ 954.723.319
106	\$ 954.723.319	\$ 71.083.112	\$ 13.498.545	\$ 57.584.567	\$ 897.138.753
107	\$ 897.138.753	\$ 71.083.112	\$ 12.684.374	\$ 58.398.737	\$ 838.740.015
108	\$ 838.740.015	\$ 71.083.112	\$ 11.858.692	\$ 59.224.420	\$ 779.515.596
109	\$ 779.515.596	\$ 71.083.112	\$ 11.021.336	\$ 60.061.776	\$ 719.453.820
110	\$ 719.453.820	\$ 71.083.112	\$ 10.172.141	\$ 60.910.971	\$ 658.542.849
111	\$ 658.542.849	\$ 71.083.112	\$ 9.310.939	\$ 61.772.173	\$ 596.770.676
112	\$ 596.770.676	\$ 71.083.112	\$ 8.437.561	\$ 62.645.551	\$ 534.125.125
113	\$ 534.125.125	\$ 71.083.112	\$ 7.551.834	\$ 63.531.278	\$ 470.593.848
114	\$ 470.593.848	\$ 71.083.112	\$ 6.653.584	\$ 64.429.527	\$ 406.164.321
115	\$ 406.164.321	\$ 71.083.112	\$ 5.742.635	\$ 65.340.477	\$ 340.823.844
116	\$ 340.823.844	\$ 71.083.112	\$ 4.818.806	\$ 66.264.306	\$ 274.559.538
117	\$ 274.559.538	\$ 71.083.112	\$ 3.881.914	\$ 67.201.197	\$ 207.358.341
118	\$ 207.358.341	\$ 71.083.112	\$ 2.931.777	\$ 68.151.335	\$ 139.207.006
119	\$ 139.207.006	\$ 71.083.112	\$ 1.968.206	\$ 69.114.906	\$ 70.092.100
120	\$ 70.092.100	\$ 71.083.112	\$ 991.011	\$ 70.092.100	\$ 0

Fuente: (AO Solar, 2023).

Tabla 12. Resumen financiero con crédito bancario

RESUMEN FINANCIERO CON CRÉDITO TASA E.A. 18,35%				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
INVERSIÓN DE LA PLANTA	-\$ 4.095.002.152			
BENEFICIO DE RENTA		\$ 0	\$ 0	\$ 0
O&M DE LA PLANTA		\$ 0	-\$ 40.000.000	-\$ 41.600.000
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN		\$ 855.258.704	\$ 935.610.259	\$ 1.023.510.843
FLUJO ANUAL EN COP\$		\$ 855.258.704	\$ 895.610.259	\$ 981.910.843
	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
O&M DE LA PLANTA	-\$ 43.264.000	-\$ 44.994.560	-\$ 46.794.342	-\$ 48.666.116
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN	\$ 1.119.669.687	\$ 1.224.862.654	\$ 1.339.938.500	\$ 1.465.825.722
FLUJO ANUAL EN COP\$	\$ 1.076.405.687	\$ 1.179.868.094	\$ 1.293.144.158	\$ 1.417.159.606
	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	

O&M DE LA PLANTA	-\$ 50.612.761	-\$ 52.637.271	-\$ 54.742.762
AHORRO ESTIMADO GENERACIÓN	\$ 1.603.540.049	\$ 1.754.192.637	\$ 1.918.999.035
FLUJO ANUAL EN COP\$	\$ 1.552.927.288	\$ 1.701.555.366	\$ 1.864.256.273
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
PROMEDIO AHORRO MENSUAL EN COP\$	\$ 71.271.559	\$ 74.634.188	\$ 81.825.904
CUOTA FIJA CRÉDITO 10 AÑOS TASA E.A. 18,35%	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112
DIFERENCIA ANUAL AHORRO Y PAGO CRÉDITO	\$ 2.261.366	\$ 42.612.921	\$ 128.913.505

AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9
\$ 89.700.474	\$ 98.322.341	\$ 107.762.013	\$ 118.096.634	\$ 129.410.607	\$ 141.796.280
\$ 71.083.112	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112	\$ 71.083.112
\$ 223.408.348	\$ 326.870.755	\$ 440.146.819	\$ 564.162.268	\$ 699.929.950	\$ 848.558.027

AÑO 10
\$ 155.354.689
\$ 71.083.112
\$ 1.011.258.934

AHORRO ACUMULADO CRÉDITO EN 10 AÑOS	\$ 4.288.122.893
AHORRO ACUMULADO CON CRÉDITO EN 25 AÑOS	\$ 69.011.928.078

Fuente: (AO Solar, 2023).

1. Cabe resaltar que, en proyectos dirigidos a empresas comerciales, se tiene un beneficio del 50% del valor del proyecto aplicado a disminución de la renta hasta 5 años y no sobrepasando la renta líquida.
2. La tasa de interés del 18,35% está actualizada con créditos de línea verde con periodo de gracia para la ejecución del proyecto (6 meses).
3. Al ser un traslado de gasto de pagar facturas eléctricas a pago de cuota e interés, no afecta capacidad de endeudamiento.
4. Desde el inicio del proyecto con crédito se evidencia una caja positiva mensual, lo cual se convierte en una muy buena herramienta para el proceso de decisión.

7. Recomendaciones y conclusiones

Colombia es un país privilegiado en cuanto a la exposición a la radiación solar, teniendo una gran eficiencia al utilizar los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía, pues nuestra geografía y territorio se presta para que sean desarrollados todo tipo de proyectos en aras de ser pioneros en la utilización de energías limpias.

En cuanto al estudio específico analizado, dirigido a proyectos de auto generación energética a través de sistemas de energía solar por parte de la industria y/o empresas, se validaron todos los aspectos involucrados para la toma de decisiones, concluyendo que en cuanto a la parte técnica es relativamente rápida la instalación y, aunque se valida toda la ingeniería en softwares especializados, es muy práctico el diseño y puesta en marcha de los sistemas. Legalmente se tiene una serie de incentivos tributarios e impositivos por parte del gobierno para el desarrollo de los mismos, sin embargo, se considera que el estado podría abanderar un programa institucional para darle un mayor impulso a este tipo de soluciones, y se logre así la masificación, obteniendo grandes beneficios para el medio ambiente.

Al revisar el estudio económico se nota la excelente rentabilidad de la inversión, pues se advierte que en Colombia los incrementos de la energía han sido y seguirán siendo exponenciales y el gasto de operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos son realmente muy bajos. En el modelo de financiación bancaria se ve cómo se lograría con solo trasladar un gasto y obtener siempre caja positiva desde el primer mes; por eso la socialización con el sector bancario puede constituirse en uno de los principales retos, por considerarse el aliado natural para la masificación de implementación de estas soluciones.

Adicional a todos los beneficios al medio ambiente, estos proyectos se constituyen en una alternativa muy importante a considerar, debido a que la capacidad energética en nuestro país ha estado volcada a hidroeléctricas que, cuando han ocurrido fenómenos naturales adversos (El Niño), han ocasionado apagones y racionamientos de energía, afectando el bienestar de la ciudadanía y la economía del país.

Por último, se invita al gobierno nacional, gobiernos locales, banca, industrias y empresas, a considerar las estrategias necesarias para convertir a Colombia en el país pionero de soluciones de autogeneración eléctrica. Ojalá se advierta la importancia que implica trabajar en equipo para lograr rápidamente hacer cambios significativos para el entorno.

Referencias bibliográficas

Adición 1073 de 2015, mecanismos necesarios para determinar la procedencia y trazabilidad de los minerales. “Por la cual se adiciona al decreto único reglamentario 1073 de 2015, en lo relacionado con los mecanismos necesarios para determinar la procedencia y trazabilidad de los minerales, registrar las transacciones mineras y establecer las herramientas de control necesarias para su aplicación”, con el objeto de recibir observaciones y comentarios. (2023, marzo, 15). DO No. 49.523

AIR-E (2021). *Autogeneración a pequeña escala (AGPE) y generación distribuida (GD), resolución CREG 174 2021 cartilla*. chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.air-e.com/Portals/aire/documentos/normatividad/creg-174/cartilla-2022-bj.pdf

Alvarado Ladrón de Guevara, Jorge (2018). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. <https://oa.upm.es/52204/>

AO Solar (2023). *Solar Energy Solutions*. Página principal. www.aosolar.co

Asociación de Bancos de México, A. C. (2019). *Financiamiento de la energía solar fotovoltaica de pequeña y mediana escala. Oportunidad para la banca comercial de México*. https://energypedia.info/images/f/f0/ABM_FV.pdf

Baena Toro, Diego (2014). *Análisis Financiero: Enfoque y Proyecciones*. Ecoe Ediciones. https://books.google.com.co/books?id=yOJDEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=estudio+financiero&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=estudio%20financiero&f=false

Barral, Miguel. (2021). *Horace-Bénédict de Saussure: el naturalista inventor de instrumentos meteorológicos, de la geología y del alpinismo*. Heraldo. <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2021/10/22/horace-benedict-de-saussure-el->

naturalista-inventor-de-instrumentos-meteorologicos-de-la-geologia-y-del-alpinismo-1528173.html

Barzola, Julio y Rubini, Luca (2015). Análisis técnico y financiero de grid parity residencial con fuente de energía solar. *Yachana Revista Científica*, 4(1), 11-18
<http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/27/22>

Beltrán Telles, Aurelio; López Monteagudo, Francisco Eneldo; Morera Hernández, Mario & Villela Varela, Rafael. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *Ciencia UAT*. 11(2), 105-117.

Cancillería de Colombia. (2022). *Diálogo binacional sobre la política de reindustrialización de Colombia basada en energías renovables y el desarrollo del sector del hidrógeno verde*.
<https://www.cancilleria.gov.co/newsroom/news/dialogo-binacional-politica-reindustrializacion-colombia-basada-energias-renovables>

Castaño-Gómez, M., & García-Rendón, J. J. (2020). Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia. *Lecturas De Economía*, (93), 23–64. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n93a338727>

Catorce 6. (2021). *Ranking de países con mayor capacidad de energía solar en 2021*.
<https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/internacional/19298-ranking-de-paises-con-mayor-capacidad-de-energia-solar-en-2021>

CONPES (2022). *Documento CONPES 4075, Política de transición energética*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>

CREG 174 (2021). *Autogeneración a pequeña escala (AGPE) y generación distribuida (GD) en el Sistema Interconectado Nacional*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.air-e.com/Portals/aire/documentos/normatividad/creg-174/cartilla-2022-bj.pdf>

Díaz Cruz, María Constanza (2016). Bonos de Carbono un instrumento en el sistema financiero internacional. *Libre Empresa*, 13(1). 11-33.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6586760>

Economía Aplicada (2016). *Sectorial de la Semana*. [http://economiaaplicada.co/index.php/modal-centros-comerciales-modal/69-empresas/1000-ss0141?tmpl=component#:~:text=En%20Colombia%20existen%2089%20mil,cient%C3%ADficas%20y%20t%C3%A9cnicas%20\(7.735\)](http://economiaaplicada.co/index.php/modal-centros-comerciales-modal/69-empresas/1000-ss0141?tmpl=component#:~:text=En%20Colombia%20existen%2089%20mil,cient%C3%ADficas%20y%20t%C3%A9cnicas%20(7.735))

El país (2022). *Lo que ahorran (y ganan) las empresas pasándose a la energía solar*. <https://elpais.com/sociedad/2022-02-25/lo-que-ahorran-y-ganan-las-empresas-pasandose-a-la-energia-solar.html>

Enel (2022). *La sostenibilidad crea valor para la economía y la sociedad*. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/transicion-energetica/beneficios-sostenibilidad>

Ener City (2022, octubre, 22). *¿Qué es la AIE?* <https://enercitysa.com/blog/que-es-la-aie/>

EPA (2023). *Emisiones de dióxido de carbono*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

Greenpeace. (2023) *Energías renovables*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/energias-renovables/>

ICEX (2022). *España Exportación e Inversiones*. <https://www.icex.es/>

- Ideam (2018). *Nuevos atlas de clima, radiación y viento de Colombia*.
http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/el-ideam-presenta-los-nuevos-atlas-de-clima-radiacion-y-viento-de-colombia
- International Energy Agency, IEA (2022). 2022 Snapshot of global PV markets. *Technology Collaboration Programme*. 17-18. <https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2022/>
- IPSE (2013). *Rendición de cuentas, energía social para la prosperidad*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://ipse.gov.co/documento_planeacion/documento/rendicion_de_cuentas/2013/Informe%20Final%20Audiencia%20Publica%202013.pdf
- Jaramillo Barrera, Jorge Andrés & Solano Gómez, Juan David. (2019). *Análisis de riesgo en proyectos de generación de energía en Colombia*. Tesis de Maestría Universidad Eafit. <https://drive.google.com/file/d/1FJnkQmAliHftO2YmgGON9cUFMREncowh/view>
- Jiménez Osorio, Gloria Rocío y Giraldo López, Catalina María (2021). *Situación actual de la industria de la energía fotovoltaica en Colombia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/<https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1736/43.%20TGII%20Articulo%20Fotovoltaica-%20Cata%20y%20Gloria%20Final%2017%20de%20junio2021%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- La República (2023). *Con energía solar, usted podría reducir hasta casi un 70% el costo del kilovatio*. <https://www.larepublica.co/infraestructura/con-energia-solar-usted-podria-reducir-hasta-casi-un-70-el-costo-del-kilovatio-2822759>
- Magallón, Daniel; Padilla, Adalberto; Castro, José y Reyes, Adriana. (2019) *Financiamiento de la energía solar fotovoltaica de pequeña y mediana escala Oportunidad para la banca comercial de México*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://energypedia.info/images/f/f0/ABM_FV.pdf

Ministerio de Energía. (2022) *Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER*.
<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/>

Ministerio de Minas & Energía (2014). *Invierta y Gane con Energía: Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. Unidad de Planeación Minero-Energética UPME*.
https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

Mordor Intelligence (2022). *Mercado de energía solar de Austria: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2023 - 2028)*.
<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/austria-solar-energy-market>

Resolución 1283 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 se tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Agosto 3 de 2016. DO 49.976

Revista Cambio. (2023, febrero 12) *Los riesgos para los inversionistas de meterle plata a las energías limpias en países como Colombia*. <https://cambiocolombia.com/economia/los-riesgos-para-los-inversionistas-de-meterle-plata-las-energias-limpias-en-paises-como>

Revista Portafolio (2023). *Transición energética en Colombia: ¿será posible en el corto plazo?*
<https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/transicion-energetica-en-colombia-expertos-hablan-de-como-y-cuando-se-podria-lograr-584390>

- Rodríguez-Urrego, Daniella & Rodríguez-Urrego, Leonardo. (2018). Energía fotovoltaica en Colombia: Estado actual, inventario, políticas y perspectivas de futuro. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V (92). <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.eafit.edu.co/science/article/pii/S1364032118302995?via%3Dihub>
- Universidad de Los Andes (2023, mayo, 10). *Colombia puede liderar la transición energética que exige el planeta*. <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingenieria/colombia-puede-liderar-la-transicion-energetica-que-exige-el-planeta>
- UPME (2014). *Invierta y Gane con Energía*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf
- Valora Analitik. (2019, agosto 27). *Así puede entender el cobro de la tarifa de energía en Colombia*. <https://www.valoraanalitik.com/2019/08/27/asi-puede-entender-el-cobro-de-la-tarifa-de-energia-en-colombia/>
- Vanti (2021, noviembre, 23). *Resolución CREG 174 de 2021 (V)*. https://regimenjuridico.grupovanti.com/ver_leyes.php?id=665
- Vargas Gil, Gloria Milena, Bittencourt Aguiar Cunha, Rafael, Giuseppe Di Santo, Silvio, Machado Monaro, Renato, Fragoso Costa, Fabiano, Sguarezi Filho, Alfeu J. (2020). Photovoltaic energy in South America: Current state and grid regulation for large-scale and distributed photovoltaic systems. *Renewable Energy*. V (169), 1307-1320 <https://www.sciencedirectcom.ezproxy.eafit.edu.co/science/article/pii/S0960148120312593?via%3Dihub#sec3>
- Vargas, Nathalia. (2023, marzo,10). Estos son los riesgos de la seguridad energética de Colombia, según los expertos. *La República*. www.larepublica.co/especiales/el-apagon-de-1992-1993/estos-son-los-riesgos-de-la-seguridad-energetica-de-colombia-segun-los-expertos-3565062
- Vásquez Fernández, María (2022). *El mercado de las energías renovables en Colombia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/020/documentos/2022/12/estudios-de-

mercado/RE_El%20mercado%20de%20las%20energ%C3%ADas%20renovables%20en%20Colombia_2022.pdf

Wikipedia (2023, mayo, 29). *Sabanilla* – *Colombia*.
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sabanilla_\(Colombia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Sabanilla_(Colombia))

XM (2020, febrero, 6). *En Colombia Factor de emisión de CO2 por generación eléctrica del Sistema Interconectado: 164.38 gramos de CO2 por kilovatio hora.*

<https://www.xm.com.co/noticias/en-colombia-factor-de-emision-de-co2-por-generacion-electrica-del-sistema-interconectado>