

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN-
MBA



**ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL MEDIO EMPRESARIAL: ROMPIENDO
PARADIGMAS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES, A TRAVÉS DE
LA COMPARACIÓN DE MODELOS CONVENCIONALES, CON ENERGÍAS
LIMPIAS.**

TESIS: PROYECTO APLICADO EMPRESARIAL

Carlos Mauricio Casanova Angarita

Alejandro Ignacio Paloma

Carlos Andrés Viola

BOGOTÁ

2019

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL MEDIO EMPRESARIAL: ROMPIENDO PARADIGMAS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES, A TRAVÉS DE LA COMPARACIÓN DE MODELOS CONVENCIONALES, CON ENERGÍAS LIMPIAS.

TESIS: PROYECTO APLICADO EMPRESARIAL

Carlos Mauricio Casanova Angarita

Alejandro Ignacio Paloma

Carlos Andrés Viola

Tutora: Clara Inés Pardo

Maestría en Administración-MBA

BOGOTÁ

2019

Contenido

1. INTRODUCCION.....	- 17 -
2. MARCO TEORICO.....	- 25 -
3. METODOLOGIA	- 32 -
4. ANALISIS TECNICO.....	- 36 -
4.1. Área de estudio y características generales.....	- 36 -
4.2 Aspectos técnicos.....	- 39 -
4.2.1 Modelo de Energía.....	- 42 -
4.2.2 Elección del Inversor:.....	- 43 -
4.2.3 Resultados obtenidos con RetScreen.....	- 44 -
4.3 Análisis de Emisiones	- 45 -
4.4 Imagen Corporativa	- 45 -
5. ANALISIS FINANCIERO	- 47 -
5.1 Costos.....	- 47 -
5.2 Evaluación Financiera	- 49 -
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 52 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 54 -
ANEXO 1.....	- 56 -
ANEXO 2.....	- 65 -

Lista de Figuras

Figura 1. Clasificación de las energías alternativas. Fuente: Posso (2002, p. 56).....	- 18 -
Figura 2. Energía nuclear y alternativa (% del total de uso de energía). Fuente: Banco Mundial (2018). Modificado por los autores.	- 20 -
Figura 3. Proyectos por tipo de FNCE recibidos por la UPME (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019). -	- 26 -
Figura 4. Situación de los proyectos presentados a la UPME ((Tomado de: Informe 05– UPME, 2019).	- 26 -
Figura 5. Distribución geográfica de los proyectos que ya cuentan con aval de la UPME. (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)	- 27 -
Figura 6. Sectores económicos más beneficiados (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)	- 28 -
Figura 7. Tipos de incentivo utilizado por cada sector empresarial. (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)	- 28 -
Figura 8. Evolución de los costos de energías renovables en Estados Unidos (Tomado de Business Insider, 2018)	- 30 -
Figura 9.. Localización del área de estudio y área disponible para la instalación del sistema. Fuente propia	- 36 -
Figura 10. Fuente propia. Consumo mensual de energía eléctrica. La línea roja representa el consumo promedio de 220 MWh.	- 37 -
Figura 11. Distribución de los costos del proyecto.	- 48 -
Figura 12. Cálculo de Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno.	- 50 -
Figura 13. Flujo de Caja del Proyecto.....	- 50 -

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de energía renovable y viabilidad en el área de estudio. (Fuente: Realización propia) ..	- 38 -
Tabla 2. Datos Meteorológicos del área de estudio.	- 40 -
Tabla 3. Fuente: Propia.	- 41 -
Tabla 4. Resultados obtenidos con RetScreen para el Modelo Energético.	- 44 -
Tabla 5. Análisis de Emisiones.....	- 45 -
Tabla 6. Costos del proyecto.....	- 48 -
Tabla 7. Parámetros financieros usados en este proyecto.	- 49 -
Tabla 8. Cálculo del Costo del Capital (WACC).....	- 51 -
Tabla 9. Análisis Financiero.....	- 51 -

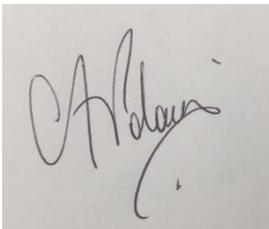
Declaración de autonomía

Declaramos bajo gravedad de juramento, que hemos escrito la presente tesis de maestría por nuestra propia cuenta, y que, por lo tanto, su contenido es original. Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que esta tesis de maestría no ha sido entregada a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación.



Carlos Mauricio Casanova Angarita

05/11/2019



Alejandro Ignacio Paloma

05/11/2019



Carlos Andrés Viola Almanza

05/11/2019

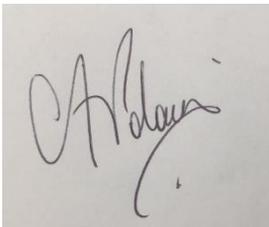
Declaración de exoneración de responsabilidad

Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él.



Carlos Mauricio Casanova Angarita

05/11/2019



Alejandro Ignacio Paloma

05/11/2019



Carlos Andrés Viola Almanza

05/11/2019

AGRADECIMIENTOS

Le doy las Gracias a Dios por las infinitas bendiciones que recibo cada día en mi vida, a mi esposa Sandra y a mis hijos Mariana y Thiago por ser mi energía y motivación para cada día.

Carlos Mauricio Casanova A.

Con todo el amor, agradezco a mis padres, Ángel y Beatriz, por haberme mostrado el camino y a mi esposa Eliana, mis hijos Elías y Juan Ángel por su apoyo y permanente acompañamiento.

Alejandro Paloma.

Agradezco a Adriana y Emilia por la motivación y apoyo en el desarrollo del proyecto; también a la empresa por la información e interés en el desarrollo del mismo.

Carlos A Viola.

RESUMEN

La energía es la principal herramienta y la fuerza motora fundamental para que funcionen las industrias, las ciudades, los países e incluso, la unidad de producción más básica: la familia. En los últimos años, y debido al impacto ambiental que ha tenido en el planeta el uso de las energías convencionales, ha tomado gran relevancia el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible en todos los niveles de la sociedad. El uso de energías alternativas, como fuente de energía limpia, representa una gran oportunidad para la sociedad, la cual consiste en crear un modelo de desarrollo económico en armonía con el medio ambiente. Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis técnico y económico aplicado en la industria colombiana, con el fin de comparar el uso actual de los recursos energéticos convencionales, con una propuesta alternativa basada en la migración hacia el uso de energías limpias y menos contaminantes. Para ello, se llevó a cabo una investigación que se basó en diferentes fuentes de información, la edición, el análisis y la interpretación de los datos, utilizando como herramienta complementaria un software especializado, con el cuál se realizaron análisis comparativos como: tipos de energías renovables, eficiencias energéticas, costos e impacto de sus usos en la industria, análisis de emisiones, sensibilidad financiera y riesgos. Los resultados de este análisis técnico y económico indican, en primer lugar, que la implementación de fuentes de energía renovable es fácil de seleccionar e implementar, basados en la información de condiciones climáticas y áreas disponibles. Por otro lado, valida los desafíos que debe afrontar Colombia de cara a los compromisos y metas establecidas en la firma de diferentes tratados internacionales, los cuales se encuentran muy rezagados frente a los esfuerzos de otros países y a las métricas establecidas para hacer frente al cambio climático. Colombia podría mejorar notablemente sus indicadores de desarrollo sostenible por medio del fortalecimiento y promoción de este tipo de iniciativas que tengan como motivación la formulación y ejecución de proyectos en base a energías limpias, permitiendo así que, desde una familia hasta una gran organización compleja, puedan contar con documentación y metodologías prácticas para validar los emprendimientos que demanden el uso de energías alternativas, ya que esta metodología para la selección e instalación de energías renovables es sencilla y accesible para todas las personas e instituciones.

PALABRAS CLAVE

Energías alternativas, RetScreen, Aplicación industrial, Cota.

ABSTRACT

Energy is the main tool and strategic resource for excellence in order to make cities, industries, countries and even the most basic production unit works: Family. During the last years, due to the environmental impact which has been in our planet because the use of conventional sources of energy, the care of the environment and the sustainable development it has taken more relevance at all levels in the society. The use of alternatives energies, as source of clean energy, its represents a huge challenge for the entire society, which means in building an economic development model in harmony with the environment. Therefore, this project has as main goal carry out a technical and economic analysis focus on the Colombian industry, in order to compare the current use of conventional energy resources, with an alternative proposal based on the migration towards the use of alternative energies. To perform it, an investigation was carried out that was based on different sources of information, edition, analysis and data interpretation, using as a complementary tool a specialized software with which comparative analyzes were carried out such as energy efficiency, costs and impacts of their uses in the industry, financial sensitivity and risk analysis. The results of the economic and technical analysis show that the implementation of renewable energy projects are quite easy to develop based on the information of the available data taking into account the climatic and geographical areas. Besides, it validates the challenges that Colombia has to face in terms of commitments and goals due to the signing of different international treaties, which are far behind the efforts of other countries and the metrics established to deal with climate change. Colombia could improve considerably its sustainable development indicators through the reinforcement and promotion of this kind of initiatives which has as main motivation the implementation of projects base on clean energy allowing in this way that since a family to a complex industry may access to documentation and practical methodologies to validate the ventures that demand the use of alternatives energies. Finally, it is important to clarify that the methodology to the selection and installation of renewable energies is simple and accessible for all kind of people and organizations.

Keywords

Renewable energy, RetScreen, industrial application, Cota.

1. INTRODUCCION

Entre el 5 y el 16 de junio de 1972, con la realización de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, realizada en Estocolmo (Suecia), la cual contó con la presencia de representantes de 113 países, se marcó un hito en la historia del planeta, se contempló de manera amplia la problemática ambiental y, gracias a ella, se conocieron una serie de estudios científicos que resaltaban la importancia global de cuidar el medio ambiente. Estos estudios mostraban la gravedad de ciertos problemas ambientales, así como sus proyecciones y sus consecuencias previstas para el futuro de la humanidad de no tomarse medidas drásticas inmediatamente.

A partir de ese momento, empezaron a surgir diversas organizaciones ambientalistas y organizaciones no gubernamentales preocupadas por el tema. También se realizaron otras conferencias y convenciones y se crearon múltiples instituciones internacionales que comenzaron a marcar un hito en la formulación y la promulgación de las primeras leyes ambientales. Esto dio lugar también a la creación de organismos estatales para el cuidado y el monitoreo del medio ambiente, así como a la búsqueda de mecanismos de cooperación internacional y de acuerdos entre los países desarrollados con el fin de reducir los impactos del modelo de desarrollo del hombre sobre el planeta.

Después, a inicios de la década del ochenta, se constituyó el escenario más propicio para el lanzamiento de la problemática ambiental y la formulación de la estrategia de desarrollo denominada “Desarrollo Sustentable”. En esta se plantearon una serie de recomendaciones a los países desarrollados, en materia energética, económica, industrial y social, la cual estaba orientada al desarrollo económico y a la conservación del medio ambiente. Una de las principales consecuencias de esta estrategia fue el llamado a la necesidad de cambiar el modelo energético vigente y de tratar de migrar hacia el uso de energías alternativas más limpias (Pierri, 2001).

Las energías alternativas se clasifican en renovables y no renovables. La Figura 1 presenta en detalle la composición de cada uno de los dos grupos, a partir de subclasificaciones que evidencian las diferentes formas de energía que son viables de utilizar.

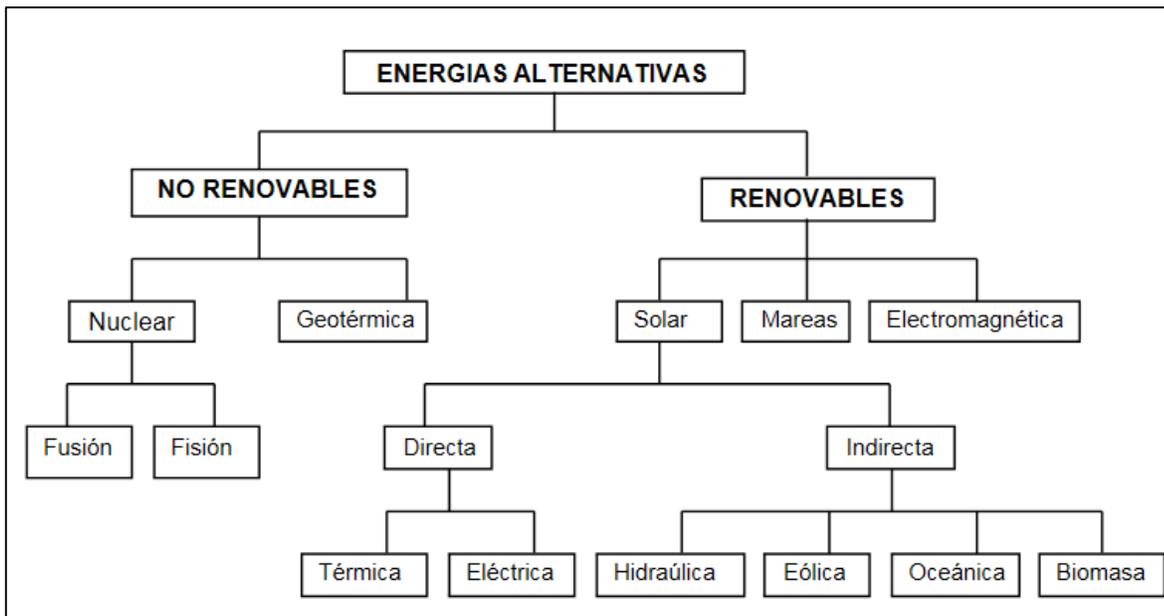


Figura 1. Clasificación de las energías alternativas. Fuente: Posso (2002, p. 56).

Actualmente, las energías renovables han logrado un estatus y relevancias importantes, probablemente similares como las que en su momento pudieron haber tenido otras fuentes de energía, como el petróleo. Sin menospreciar la importancia de estas, múltiples estudios, informes, artículos y extensas investigaciones consultadas, permiten afirmar, que la energía renovable ha llegado para ser protagonista en un nuevo momento clave en la historia de la humanidad.

En este sentido, es oportuno considerar algunos hitos y escenarios en esta temática. Estos deberán ser un desafío para los nuevos proyectos energéticos y tratar de garantizar la sostenibilidad del planeta. De hecho, existen retos importantes en esta materia, que no solo se plantea a los grandes desarrollos industriales y a las metrópolis, sino también a los emprendimientos desarrollados a menor escala. Estos pueden tener implicaciones en sectores y comunidades muy diversas, ya sea a nivel regional, local e, incluso, familiar.

Por lo anterior, es necesario promover el uso de métodos de generación de energía eléctrica más amigables con el medio ambiente., permitiendo reducir el consumo de combustibles fósiles, los cuales permitan la disminución de los niveles de contaminación por polución medioambiental, en nuestras ciudades hoy en día, varios países ya tienen metas concretas hacia el año 2030 para reemplazar su parque automotor, que actualmente funciona con gasolina y diésel, por vehículos 100% eléctricos.

Por otro lado, la medición inteligente es una opción efectiva para mejorar los

consumos de los hogares y promover la instalación de sistemas de generación eléctrica con fuentes renovables. Por eso, si las familias, industrias e instituciones logran tener medidas y tendencias acertadas acerca de sus consumos, pueden generar una mayor consciencia sobre estos y facilitar su optimización, mediante la utilización de la energía netamente necesaria para las labores que se realizan diariamente.

Colombia tiene importantes condiciones para generar energía renovable. Esto puede ser utilizado como solución a las crisis energéticas que resultan, por ejemplo, de los largos fenómenos del niño presentes cada cierto tiempo en la geografía nacional. Ahora bien, la implementación de energías limpias, en este contexto, se podría lograr no solo con infraestructura física, sino también y, en esencia, con el mejoramiento de la ética ambiental de la población. En efecto, es necesario generar una mayor consciencia del problema ambiental desde los hogares, con los niños, así como promover en las instituciones educativas la relevancia de prácticas que mitigan los efectos adversos al ecosistema y disminuyen la generación de residuos.

A nivel internacional, el consumo energético viene en aumento. Esto, debido en gran medida al incremento de la demanda de energía por parte de las economías emergentes, la construcción de megaciudades, el aumento en la población, el incremento en la demanda de transporte, la ampliación de las redes de conectividad y la movilidad. Estos son solo algunos de los desafíos a los que se ve expuesta la industria energética mundial en la actualidad.

Como se puede observar en la figura 2, según datos del Banco Mundial (2018), en 2015, solo el 15 % del total de la energía consumida en el mundo provenía de fuentes alternativas. Sin embargo, las estimaciones futuras para las próximas dos décadas indican que el mercado energético mundial continuará siendo liderado por el consumo de combustibles fósiles. Hoy, el petróleo y el gas representan más del 60 % del consumo energético mundial, el carbón un 25 % y el 15 % restante lo ocupan las energías alternativas.

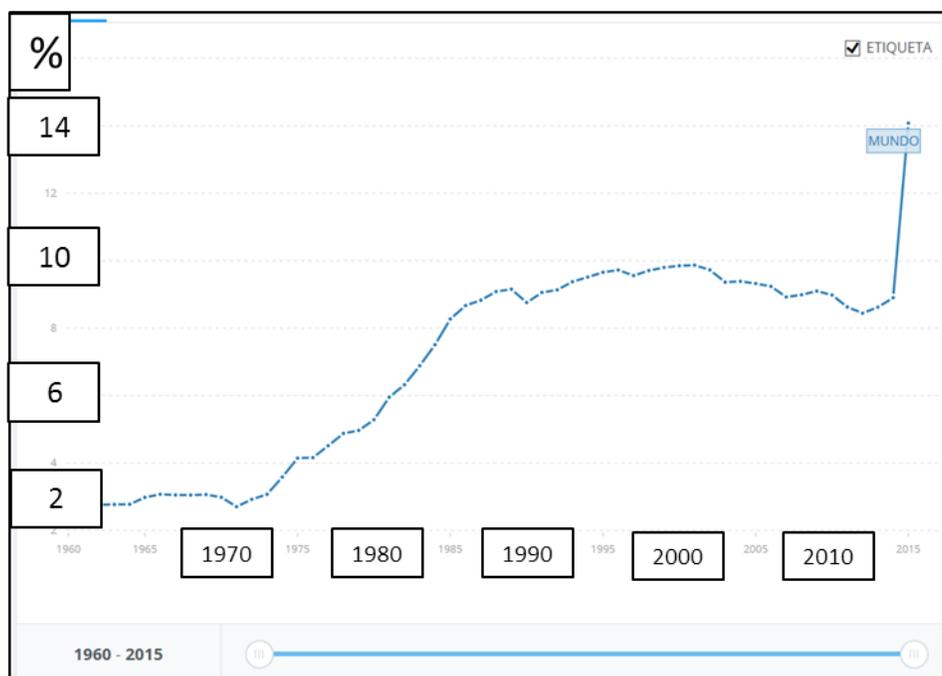


Figura 2. Energía nuclear y alternativa (% del total de uso de energía). Fuente: Banco Mundial (2018). Modificado por los autores.

En este contexto, los gobiernos, las empresas privadas, los institutos de investigación y el marco normativo y político juegan un papel fundamental y estratégico en promover la investigación, el diseño y la construcción de sistemas energéticos eficientes y menos contaminantes. Estos pueden promover la consecución de una canasta energética diversificada y dar paso al uso de energías más limpias, así como a la implementación de mejores estrategias para el uso eficiente de los recursos disponibles y su fomento a través de la normatividad vigente. Lo anterior, puede facilitar la incorporación y uso de estas tecnologías en el sistema productivo de cada país.

De hecho, países como China, Alemania, España y Estados Unidos se consolidan hoy como líderes en el desarrollo e implementación de energías limpias. Estos, además, cuentan con las mayores capacidades instaladas en tecnologías para el aprovechamiento de la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y de biomasa, Estas son fuentes de origen renovable que hacen su aporte en el proceso de transición planteado en lo que a la generación de energía eléctrica se refiere.

A nivel nacional, Colombia cuenta con fuentes de energía muy diversas, tanto en recursos fósiles como en aquellos que provienen de fuentes renovables. Esto, debido principalmente a su ubicación geográfica, a su localización en la zona ecuatorial y al hecho

de contar con una gran diversidad de climas, pisos térmicos, ecosistemas, cadenas montañosas y volcánicas y una extensa plataforma marina. Estos aspectos la posicionan como un país con potencial de generación de energía a partir de fuentes renovables como son la generación a través del uso de la radiación solar, la velocidad del viento y la Biomasa.

A pesar de estas ventajas, Colombia es un país altamente dependiente de las fuentes de energía convencionales, principalmente del petróleo y el gas. De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, (2015)), la explotación y producción energética del país, a grandes rasgos, está constituida en un 93 % por recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4 % de hidroenergía y un 3 % de biomasa y residuos.

Esta alta dependencia de los recursos fósiles da cuenta de que Colombia ha tenido avances muy tímidos, a pesar de que el país desde el año 2014 ha reglamentado el desarrollo de energías renovables a gran escala. Esto, a partir de la Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Esta normatividad buscaba, además, promover la gestión eficiente de la energía, la cual comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta a la demanda (MME, (2014)). En este marco, igualmente, se desarrolla la política pública para la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

La expedición de la mencionada ley, sumada a los compromisos internacionales asumidos por Colombia con la reciente incorporación a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), así como con los compromisos asumidos en el Acuerdo de París COP 21, han dado un nuevo impulso para atraer el interés de inversionistas, emprendedores, académicos, investigadores y organizaciones multilaterales. Esto permite configurar un escenario optimista para el crecimiento futuro de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCE) en Colombia.

En párrafos anteriores se enumeró una serie de desafíos que debe afrontar Colombia de cara a los compromisos y metas establecidas en la firma de diferentes tratados internacionales. Estos desafíos tienen como principal misión unirse al esfuerzo global de enfrentar el efecto del cambio climático. Debido a su ubicación geográfica y su diversidad ecosistémica, Colombia se configura como un país altamente vulnerable a este fenómeno.

En este sentido, el sector de la energía es uno de los identificados y seleccionados

por el gobierno colombiano para trabajar en la reducción de emisiones de carbono. Esto, con el objetivo de promover la eficiencia energética en todos los sectores de la producción por medio del uso de energías renovables es y una gestión más eficiente de la energía.

Vale la pena subrayar, una vez más, que la transformación energética mundial se está acelerando y que Colombia y su industria no pueden estar ajenas a esto. Si bien existen iniciativas y compromisos asumidos, es imperante redoblar los esfuerzos para conseguir cambios duraderos y a largo plazo. Así, para Colombia es imperante la diversificación de su matriz energética con más iniciativas donde se aproveche el potencial solar de la región; para ello, es determinante que la regulación impulse el desarrollo de este tipo de proyectos energéticos por medio de la creación de instrumentos e incentivos tributarios que estimulen la participación del sector privado y demás actores que forman parte de la cadena energética nacional.

Teniendo en cuenta la poca participación de este tipo de proyectos en la matriz energética de Colombia (ver marco teórico) versus la necesidad imperante frente a los compromisos internacionales y de desarrollo económico y social de Colombia, estos Proyectos de Aplicación Empresarial cobran una relevancia trascendental. En este sentido, el presente trabajo también tiene como vocación estimular y promover en otros estudiantes y ciudadanos comunes, el interés por la investigación y la formulación de proyectos de energía renovable, como una contribución trascendental al medioambiente y en pos de la seguridad energética nacional.

Por otro lado, si bien el proyecto evaluó el uso de varias alternativas de fuentes renovables de energía, el análisis realizado con RetScreen, evidenció que la energía solar era la más viable teniendo en cuenta las condiciones climatológicas, espaciales y estructurales de la zona donde se ubica la planta de producción de la empresa. En este sentido, también es de destacar que la ubicación geográfica de Colombia es favorable, ya que la radiación recibida a lo largo de todo el territorio se mantiene constante por varias horas en el día. Así, en el estudio "La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual (Valderrama Mendoza, M., Ocampo, P. C., Gracia León, H. & Rodríguez Urrego L.2018)" se afirma que Colombia cuenta con una irradiación que supera el promedio mundial, lo que favorece positivamente el potencial del país en energía solar fotovoltaica. Esta irradiación, presenta mayor concentración en las regiones de la costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región

Central

Considerando lo anterior, este trabajo cobra particular relevancia, ya que no solo está en línea con las estrategias de desarrollo sostenible de Colombia, sino que también constituye un aporte práctico y con fundamento científico a todas aquellas iniciativas que tengan como motivación la formulación y ejecución de proyectos en base a energías limpias. Esto puede permitir que, desde una familia hasta una gran organización, puedan contar con documentación y metodologías prácticas para validar los emprendimientos que demanden el uso de energías alternativas.

A partir de estos elementos, el objetivo de este estudio es analizar las posibilidades con que cuenta una organización de migrar de su fuente de energía actual al uso de energías renovables determinando las ventajas, desventajas y posibles restricciones que se pueden generar por su posterior implementación estableciendo una guía que oriente a otras organizaciones en la toma de decisiones para determinar las posibilidades de implementar energías renovables en sus procesos.

Este proyecto está enfocado en promover el cuidado del medio ambiente y, por consiguiente, de los recursos naturales. Esto, a través de la evaluación de una alternativa de uso de energías limpias, un problema que tiene cada vez más importancia debido a los efectos ambientales que generan enfermedades y alteraciones a las condiciones fisiológicas del hombre y otros ecosistemas.

Se espera que esta propuesta, una vez implementada, tenga un impacto positivo a nivel financiero, ambiental y de imagen corporativa para La Empresa. Con esta propuesta se busca la implementación de esta metodología y del software Retscreen, para el uso en todo tipo de instalaciones industriales, domésticas y públicas en el territorio nacional.

Adicionalmente, luego de una revisión minuciosa de la literatura internacional y local, queda a disposición de todos los interesados un método de evaluación e implementación de proyectos de energías renovables simple, práctica y amigable para cualquier tipo de individuo u organización. Sobre todo, un método para que pueda ser replicado en aquellos municipios y veredas que requieran de una herramienta práctica y sencilla que ayude a dar viabilidad a proyectos e iniciativas que tengan como propósito generar alternativas energéticas para el desarrollo sustentable de las comunidades que impactan.

En la primera parte del trabajo se presenta una revisión de la literatura disponible,

haciendo especial énfasis en los antecedentes de Colombia en materia de proyectos en base a energías renovables, como así también se señalan algunos lineamientos acerca de lo que viene en Colombia en materia de compromisos y desafíos asociados al desarrollo sustentable e implementación de energías limpias en el país.

Una vez expuesto todo el marco teórico, contexto normativo, principales antecedentes y oportunidades alrededor de las energías renovables en Colombia, se desarrolla el cuerpo principal del estudio que contempla, en primer lugar, un estudio de campo y de fuentes secundarias para luego, en segundo término, realizar una evaluación técnica y financiera que permita concluir acerca de la posibilidad de que una empresa localizada en Cota, Cundinamarca, Colombia, reemplace parcialmente el uso de energías convencionales por energías renovables.

Lo anterior, incluye como complemento estratégico del estudio, la implementación de la metodología RetScreen, el cual es un software de gestión de energías limpias gratuito y que se utiliza para el análisis de viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energías renovables y cogeneración, así como para el análisis del rendimiento energético operativo.

En la última parte del documento se concluyen los principales resultados del análisis de viabilidad, desde el punto de la sensibilidad de los indicadores financieros y en relación con parámetros técnicos más relevantes. A su vez, los resultados del análisis de riesgo también permitirán especificar la incertidumbre de una serie de variables de entrada y así evaluar su incidencia en los aspectos técnicos y financieros.

Además de los resultados y de la conclusión acerca de la viabilidad técnica, financiera y de riesgo de reemplazo del sistema energético convencional actual de empresa en estudio, el presente trabajo facilita al público interesado, un método de evaluación e implementación de proyectos de energías renovables de fácil interpretación y aplicación.

2. MARCO TEORICO

Esta sección muestra un panorama macro de la energía y en especial la situación actual de los proyectos de fuentes renovables de energía que se están desarrollando en Colombia, como así también una contextualización de lo que viene en el país en esta materia y finalmente las razones por las cuales se considera que este trabajo es novedoso y propone aportes a la problemática ambiental en general.

Situación actual de los proyectos de energía renovables en el país.

Colombia cuenta con un marco regulatorio que permite contratar proyectos de energías renovables, como así también esquemas de beneficios tributarios y programas de incentivos para todos aquellos que promuevan y llevan a cabo iniciativas asociadas al desarrollo de proyectos en base a energías renovables.

Desde el punto de vista del Marco Reglamentario y Científico de las FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía), en el portal de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energético de Colombia), se puede acceder a información actualizada y estudios desarrollados en temáticas relacionadas al uso racional y eficiente de energías y fuentes no convencionales, la cual puede servir como base para la construcción de políticas y proyectos que tengan como propósito el desarrollo sostenible y el impulso de iniciativas asociadas a sistemas de energía renovables.

Así, en este marco, en el último informe mensual relacionado con las solicitudes de certificación de proyectos de Fuentes no Convencionales de energía (FNCE) – e incentivos de la ley 1715 de 2014, con fecha de corte mayo 31 de 2019, se pueden extraer una serie de conclusiones preliminares.

En primer lugar, la Figura 3 presenta los proyectos recibidos por tipo de fuentes no convencionales de energía (FNCE LEY 1715 DE 2014), que como se puede apreciar, en su mayoría corresponde a proyectos solares (barras de color azul).

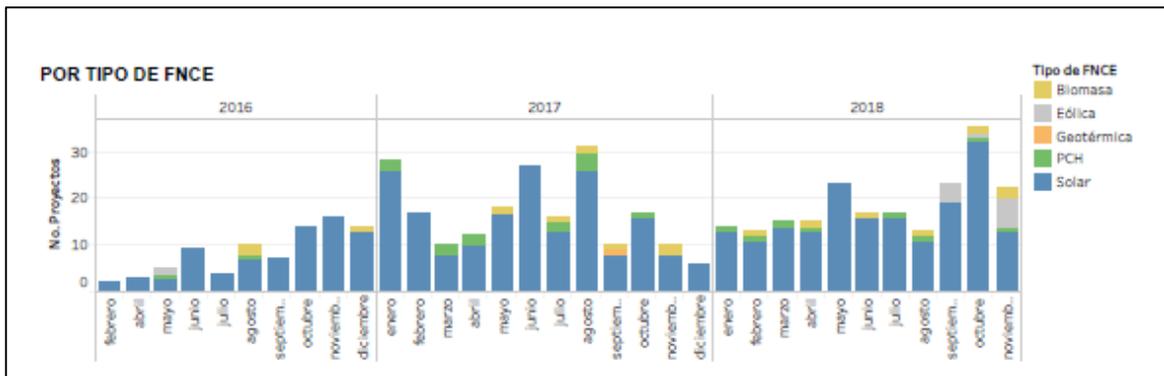


Figura 3. Proyectos por tipo de FNCE recibidos por la UPME (Tomado de: Informe 05–UPME, 2019).

Siguiendo con el análisis de los proyectos presentados en la UPME según FNCE LEY 1715 DE 2014, existe un total de 472 proyectos registrados al 31 de mayo de 2019, 355 ya se encuentran aprobados, 49 en estudio, 23 desistidos y finalmente, 45 archivados. De ese total, el tipo de energía más representativo es la solar con 551 proyectos presentados. (Ver Figura 4)

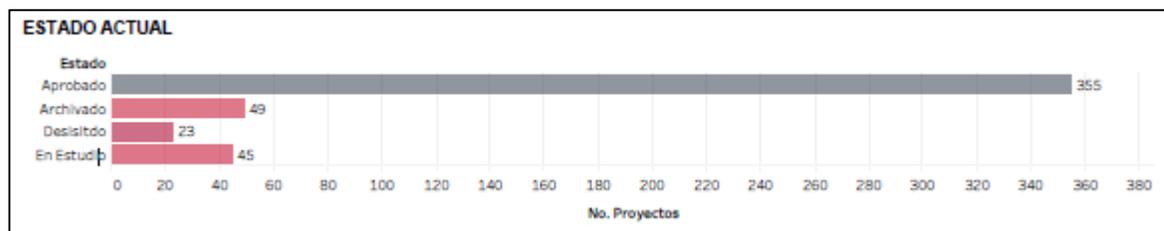


Figura 4. Situación de los proyectos presentados a la UPME ((Tomado de: Informe 05–UPME, 2019).

Del total de proyectos aprobados y que se encuentran con aval de certificación (Ley 1715 de 2014), 383 corresponden a proyectos solares, 17 PCH (Pequeñas Centrales Hidroeléctricas), 12 de biomasa, 12 proyectos de energía eólica y 1 de fuentes geotérmicas que fue presentado en 2019. En cuanto a la distribución geográfica de los proyectos que ya cuentan con aval, como se puede observar en la Figura 5, el departamento del Valle del Cauca y Antioquia son las regiones con las que más proyectos aprobados cuentan, seguidas por Atlántico, Bogotá D.C. y Cundinamarca.

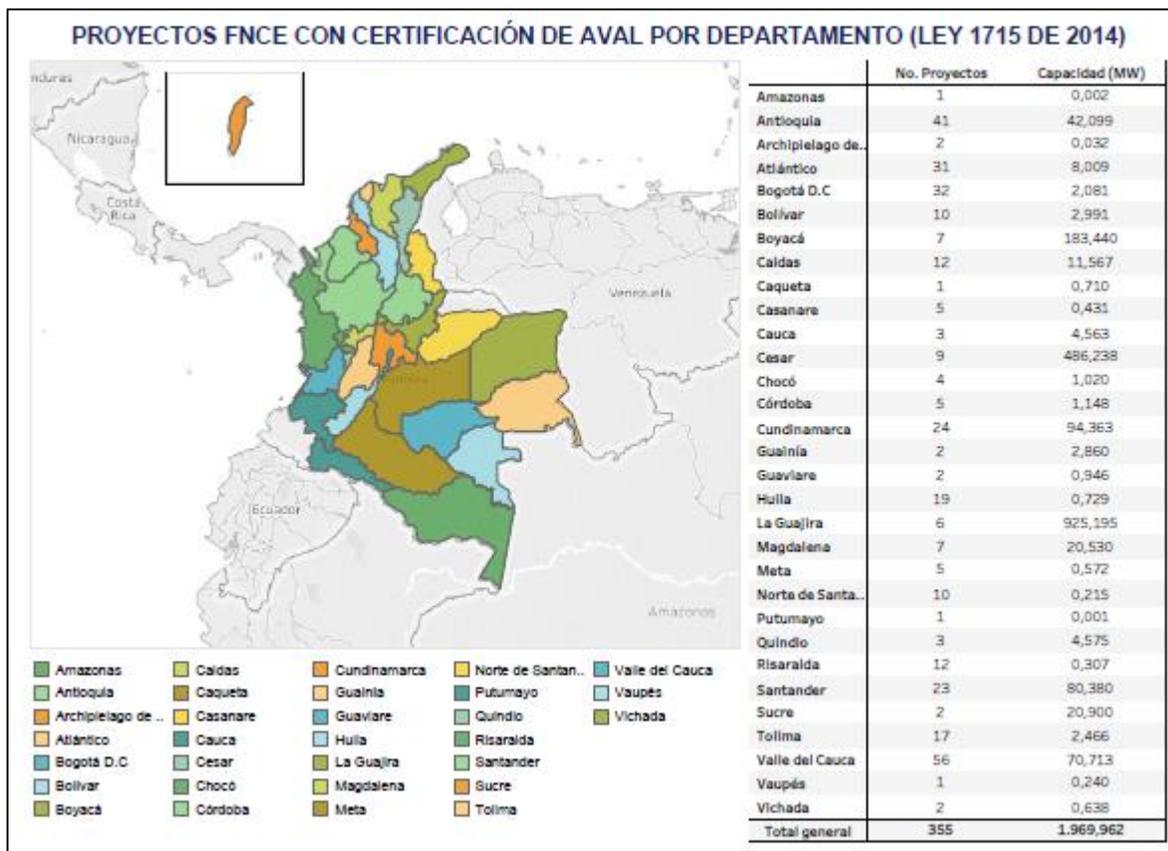


Figura 5. Distribución geográfica de los proyectos que ya cuentan con aval de la UPME. (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)

Los sectores económicos más beneficiados están representados por Comercio al por mayor y por menor, reparación de vehículos y automotores, Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, manufactura e información y comunicaciones entre otros (Ver Figura 6). A su vez, en la Figura 7 se puede ver el tipo de incentivo solicitado por sector.

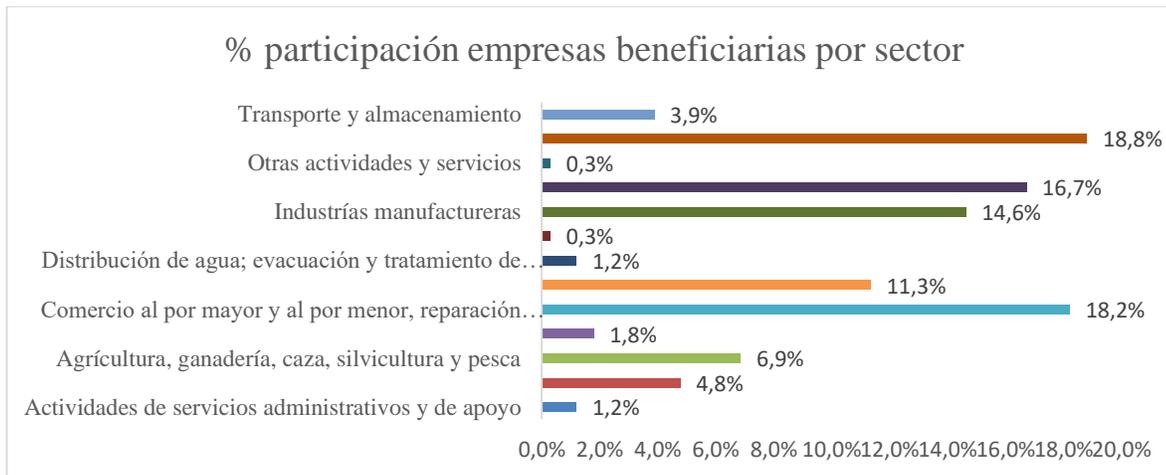


Figura 6. Sectores económicos más beneficiados (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)

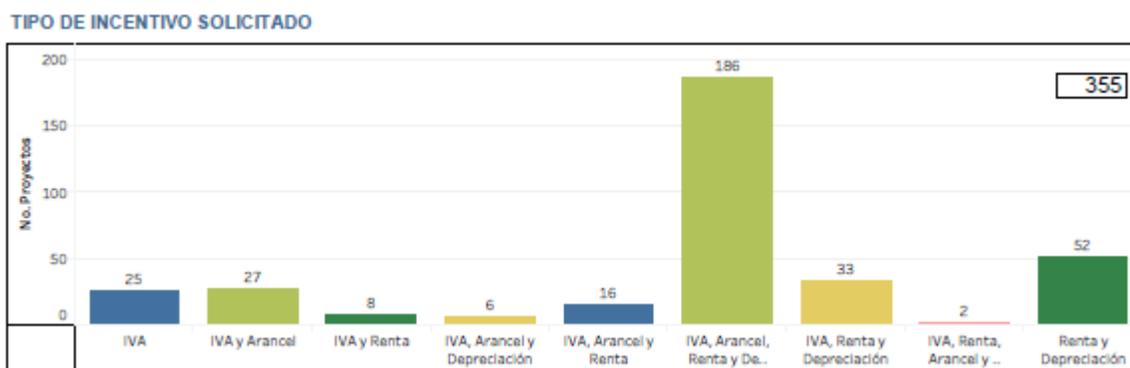


Figura 7. Tipos de incentivo utilizado por cada sector empresarial. (Tomado de: Informe 05– UPME, 2019)

Si bien estos indicadores y cifras dan muestra de cierto dinamismo en el sector de las FNCE en Colombia, otros países como Dinamarca, Francia, Noruega, Holanda, India, USA y China han venido tomando medidas mucho más agresivas que tienden a modificar la matriz energética mundial. Así, el mundo ahora añade más capacidad de energía renovable cada año de lo que suma la capacidad añadida de todos los combustibles fósiles combinados. A finales del año 2016, las energías renovables comprendieron aproximadamente el 30% de la capacidad de generación de energía del mundo, suficiente para abastecer a un estimado de 24.5% de la electricidad mundial.

De esta manera, como se aprecia en las figuras anteriores, en Colombia aún no logra observarse el dinamismo y desarrollo que muestran los países europeos y asiáticos. A pesar de su baja participación en el mercado de energía, estudios de la UPME y otras entidades

han identificado potenciales energéticos importantes de recursos renovables no convencionales en el país, incluyendo solar, hidro energético y eólico.

En el caso de la energía geotérmica, en Colombia se han realizado estudios desde los años 70's, identificando las zonas aledañas y los volcanes Nevado del Ruiz y Azufral como áreas con potencial de desarrollo. Hoy en día existen proyectos en etapa de licenciamiento ambiental para la exploración y explotación de este recurso. El potencial de este recurso es comparable o incluso más atractivo que el de países que actualmente tienen mayor penetración de FNCE (Resultados del *Estudio promocionado por El Departamento Nacional de Planeación - DNP, con el apoyo del Banco Mundial y la Fondo Fiduciario de Crecimiento Verde de Corea, denominado Energy Supply Situation in Colombia, 2017*)

Lo que viene en Colombia

Quizá, esta timidez de Colombia en impulsar el desarrollo de proyectos en base a las FNCE, también se le pueda atribuir a la percepción de altos costos que existe en el empresariado, como así también a la aparente falta de liderazgo institucional y a las complejidades que se presentan en Colombia con respecto a los requerimientos ambientales, consultas previas y demás permisos que se requieren en este tipo de proyectos.

En este sentido, es importante subrayar algunas perspectivas que surgieron en el Foro de Energías Renovables, llevado a cabo el 7 de febrero de 2019 en Valledupar, Colombia, y organizado por SER Colombia (Asociación de Energías Renovables), WEC Colombia (World Energy Council) y el periódico el Pílon y que se asocia con la percepción de que este tipo de proyectos son costosos y riesgosos. En este ámbito, el Secretario Técnico Consejo Mundial de Energía Colombia, Daniel Felipe Díaz, destacó que las tecnologías asociadas al desarrollo de proyectos a FNCE ha evolucionado a nivel mundial, y por ende los presupuestos de inversión se han ido reduciendo considerablemente, como se puede apreciar en la Figura 8.

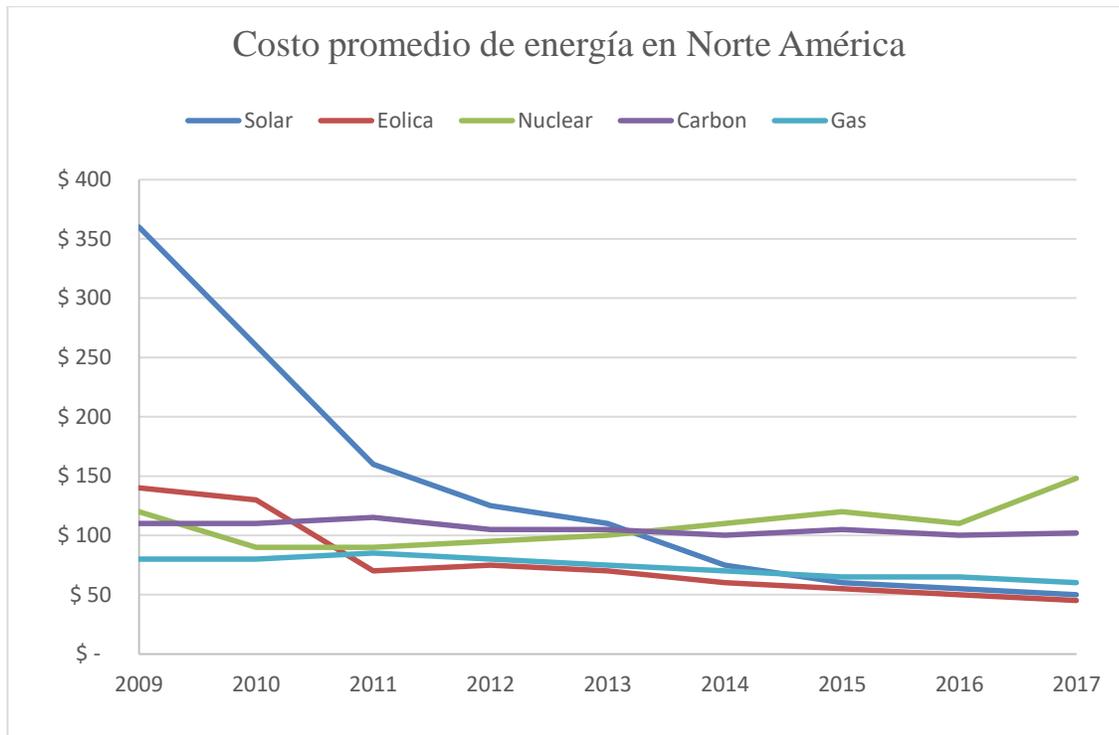


Figura 8. Evolución de los costos de energías renovables en Estados Unidos (Tomado de Business Insider, 2018)

Si bien es necesario contemplar todas las visiones, comprender y actuar sobre las barreras al desarrollo de las FNCE, como así también definir un liderazgo institucional y representativo del sector y simplificar los procedimientos para el acceso a los beneficios tributarios, la situación de este tipo de energías en Colombia ya está sobre diagnosticada y este es el momento propicio para potenciar y aprovechar las ventajas comparativas que presenta Colombia para el desarrollo y ejecución de proyectos con base a fuentes de energía no convencionales.

Es necesario que en Colombia se de paso al debate de la transición energética y se evalúe como se generan cambios en la matriz energética, para analizar una transición que permita cumplir los compromisos internacionales y aportar a un futuro económico próspero para el país en un entorno de bajas emisiones de carbono (WEC Editorial, 28-06-18, Edición No 5., Editorial realizado por Juan Felipe Neira Castro, Docente e investigador del Departamento de Derecho Minero Energético de la Universidad Externado de Colombia)

Porque este proyecto es novedoso

Este tipo de proyecto de aplicación empresarial propone, entre otras cosas, conocer los potenciales beneficios que puede traer para las empresas la implementación de nuevas tecnologías energéticas, enmarcados dentro de un compromiso ambiental. Esto permite generar un retorno positivo de la inversión, aumento del valor de su marca, un mejoramiento de su imagen corporativa, el reconocimiento y el mejoramiento de su reputación ante los inversionistas y los consumidores, así como la sensibilidad y el compromiso que se crea hacia su entorno y el sentido de identidad que se genera con clientes y colaboradores.

A su vez, este documento va más allá de la comparación de un modelo convencional de energía frente al de energías renovables. En este trabajo también se presenta una caracterización amplia acerca el escenario actual de las fuentes no convencionales de energía en Colombia y el mundo, identificando los actores principales que constituyen este mercado, la situación legislativa, mecanismo de promoción y los organismos que fomentan estas iniciativas. Finalmente, una guía rápida y detallada que servirá como punto de partida para todos aquellos interesados en la formulación y evaluación de este tipo de proyectos.

3. METODOLOGIA

En esta sección se detalla el paso a paso que se utilizó para llevar a cabo el proyecto de aplicación empresarial, identificando cada una de las etapas que conforman el método de investigación aplicado. Como punto de partida se contempló una actividad de oficina para la caracterización inicial de fuentes secundarias y elaboración de instrumentos de recolección de información para la etapa de campo que incluyó entrevistas con actores claves.

Posteriormente se presentan los resultados del proceso de modelado por medio de RetScreen y las posibilidades técnicas, financieras y ambientales con que cuenta la empresa para migrar de su fuente de energía actual al uso de energías renovables, incluyendo las ventajas, desventajas y posibles restricciones que se pueden generar por su posterior implementación estableciendo una guía que oriente a otras organizaciones en la toma de decisiones para determinar las posibilidades de implementar energías renovables en sus procesos.

Primera etapa: trabajo de oficina

En esta etapa se realizó una revisión exhaustiva del proyecto, haciendo un especial énfasis en la recopilación documental, la sensibilización del enfoque teórico, la revisión de conceptos, la identificación y la elaboración de los instrumentos de recopilación de información y una capacitación completa acerca del manejo del software RETScreen. Se llevó a cabo la recopilación de información utilizando fuentes primarias y secundarias. Para esta última se utilizaron las fuentes documentales disponibles (gubernamentales, institucionales, académicas, industriales, etc.).

La búsqueda de información secundaria contempló la revisión de antecedentes relacionados con proyectos colombianos que hayan logrado sustituir esquemas energéticos a base de recursos fósiles por esquemas de energías limpias. En este sentido, en la sección de revisión de la literatura, se presentaron los principales antecedentes oficiales sobre la materia. Como se señaló en esos párrafos, si bien existen proyectos en base a FNCE, que por lo general son proyectos fotovoltaicos, Colombia está muy rezagada teniendo en cuenta las posibilidades y potencial desde el punto de vista de las ventajas comparativas que el país ofrece en materia de recursos.

También se indagaron casos internacionales, en los cuales se utilizó el software RETScreen como herramienta de análisis de viabilidad de proyectos de eficiencia energética o de otros programas similares.

Por otro lado, se recurrió a los servicios de información nacional, entes gubernamentales, corporaciones autónomas, centros de investigación de universidades y demás organismos reconocidos. Esto, para recopilar datos como: clima, temperatura, humedad relativa, radiación solar, vientos y registros pluviométricos, actividad volcánica y otros indicadores de relevancia que resultaron de utilidad en la evaluación de fuentes alternativas de energía.

Como complemento primordial de esta primera etapa, se analizaron las medidas contempladas por el Gobierno, en particular, en el Decreto 2143 de noviembre 4 de 2015, en el cual se establecen los beneficios tributarios que tienen las empresas como incentivo para promover las fuentes de energía no convencionales. Este decreto contempla deducción del impuesto de renta, exime de la aplicación del impuesto de valor agregado (IVA) a los bienes asociados al proyecto y la exención a los gravámenes arancelarios, entre otras.

Segunda Parte: Visita a instalaciones.

Teniendo la información de las condiciones climáticas, se procedió a realizar una visita a las instalaciones de la empresa, se identificó el área disponible para instalar los elementos y componentes de acuerdo al método de energía renovable seleccionado, para este caso, se seleccionó a cubierta de las plantas de producción, que tiene un área de 36000 m² disponible para la instalación de los paneles solares. Con esta visita también se pudo identificar condiciones de mejora, como: pérdidas de energía, aprovechamiento de energía residual, producción asociada a los consumos de energía y factores adicionales que sean de interés para el desarrollo del proyecto.

Tercera Parte: Análisis Técnico.

Para el análisis técnico se tuvo en cuenta las necesidades de la compañía de buscar fuentes de suministro alternativas para los 220 Mwh/mes promedio de consumo eléctrico, con el objetivo de reducir sus costos y disminuir la huella ambiental de los mismos. Para llevar a cabo esto, se investigaron los datos climatológicos, los indicadores de consumo, el

área disponible y la selección del método viable en esta área.

Seleccionamos RetScreen como software de apoyo y evaluación por su amplia experiencia en acompañamiento en este tipo de proyectos, este software, de acceso libre y sin costo, fue creado con el objetivo de apoyar a las personas que quieran evaluar energías alternativas en sus instalaciones residenciales, comerciales o industriales. El software requiere las coordenadas de ubicación del proyecto, con lo cual el recopila los datos meteorológicos de la estación más cercana (radiación, velocidad del viento, pluviosidad, etc.), para determinar qué tipo de proyectos energéticos son viables para aplicar en esa zona. Para el modelado, se requiere seleccionar el tipo de panel para determinar cuál puede ser el potencial de generación con las condiciones de radiación solar de la zona. Con esto se finaliza ingresando el consumo actual para determinar la cantidad de paneles necesarios para suplir la demanda energética de la instalación, complementándolo con eficiencia energética, disminución de emisiones CO₂ y evaluación de costos a tener en cuenta.

A partir de lo anterior, se realizó un análisis de las posibilidades de energía renovable mediante el ingreso de la información recopilada en el software y definiendo la ubicación del proyecto para cruzar los datos y obtener los datos esperados de disminución en consumos. Este software recoge información de las estaciones de seguimiento de condiciones climáticas de todo el mundo, encontrando que la más cerca al lugar de estudio es una estación cerca al aeropuerto internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá. Adicional este software logra vincular mucha información adicional para evaluar fugas de calor o refrigeración y eficiencia del uso de la energía residual. Para este proyecto se ingresaron al software los datos climatológicos (radiación solar mensual) y coordenadas de localización del área de interés, el consumo promedio de energía mensual y el costo de la energía comprada a la red nacional.

Cuarta Parte: Análisis Financiero.

En esta última parte se realizó la evaluación de la cantidad de energía que se podría consumir y los ahorros esperados, así como la evaluación de cuál sería el retorno de la inversión realizada en la instalación y compra de los equipos, para que la empresa determine si es viable para ellos hacer esta aplicación. Se determinó la viabilidad de la propuesta teniendo en cuenta factores como la sostenibilidad e imagen corporativa por el buen uso de los recursos. Así mismo, se calculó el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa

Interna de Rentabilidad (TIR), el costo del capital (WACC) y el EVA o la rentabilidad adicional.

Quinta Parte: Análisis Ambiental.

Teniendo en cuenta la cantidad de energía que se estima reemplazar, se calcularon las toneladas de CO₂ que se dejaron de emitir a la atmosfera, basado en que el sistema energético nacional se alimenta de energía generada a partir de hidroeléctricas y termoeléctricas en Colombia.

Sexta Parte: Informe final

Como resultado adicional al proyecto de aplicación empresarial, durante todo el trabajo se hizo evidente la necesidad de contar con una guía práctica y sencilla para elaborar y formular proyectos de energía renovables. En este sentido, se identificaron innumerables fuentes de información con metodologías y guías muy ricas en contenido y procedimientos.

Frente a esta situación, se decidió construir lo que se denominó “Guía rápida de formulación de proyectos de energía renovable en zonas no interconectadas de Colombia”. La guía se diseñó con un formato simple y adaptado a las necesidades de emprendedores locales con el propósito de orientarlos, paso a paso, con su proyecto de energías renovables. En el anexo 1 se describe en detalle los 6 pasos de la guía práctica.

4. ANALISIS TECNICO

4.1. Área de estudio y características generales.

El área de estudio se localiza en el municipio de Cota, Cundinamarca, en las coordenadas latitud 4,758746 y longitud -74,131345 y con un área disponible para la instalación del sistema de 36.000 m², pertenecientes a las cubiertas de las plantas. (Ver Figura 9).



Figura 9. Localización del área de estudio y área disponible para la instalación del sistema.

Fuente propia

Este estudio se realizó en una empresa que actualmente utiliza el 100% de la energía consumida para sus actividades de producción y sede administrativa, y la cual es adquirida a través del sistema interconectado nacional. De acuerdo a los registros de consumo de energía de la planta y con base al análisis histórico de consumo de energía eléctrica, La Empresa consume en promedio 220 MWh, al mes (Ver Figura 10) con un costo promedio de 387.62 COP/KWh.

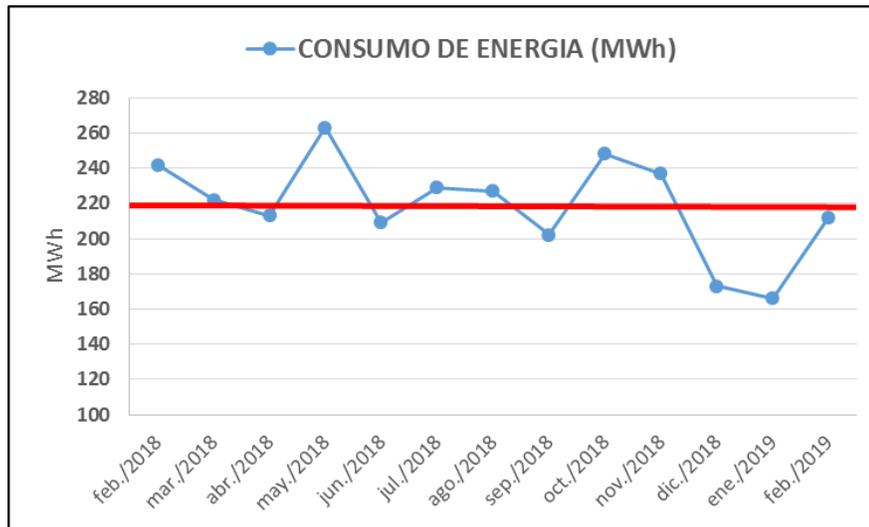


Figura 10. Fuente propia. Consumo mensual de energía eléctrica. La línea roja representa el consumo promedio de 220 MWh.

Para el desarrollo de este trabajo, se asumió que la totalidad de la energía generada es usada para el consumo de la planta, por lo que no existen excedentes de energía, no generándose así, ingresos externos debido a ventas de energía a la red eléctrica nacional. Por lo tanto, los ingresos obtenidos del análisis realizado en RetScreen corresponden a ahorros generados por producción de energía mediante un sistema de energía alternativa (FNCE)

Para buscar la mejor alternativa de fuentes de energía, se realizó un análisis de las posibilidades disponibles de acuerdo a las condiciones climáticas, área de localización y características ambientales, las cuales se resumen en la Tabla 1. En ese sentido, se consultaron las últimas estadísticas y reportes actualizados del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), como así también referencias aportadas por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Tabla 1. Tipos de energía renovable y viabilidad en el área de estudio. (Fuente: Realización propia)

Tipo de energía renovable	Potencial
Eólica	En el municipio de Cota, se presenta una velocidad media del viento en superficie entre 1.5 a 2.5 m/s. (UPME). Esta velocidad no es suficiente para lograr transformar la cinética del viento en energía. Además, teniendo en cuenta el área física del terreno y su localización, el impacto ambiental producto de la construcción de un parque eólico es muy alto. Esta opción se descarta.
Solar	En el área se presentan radiaciones promedio de 4 - 4.5 KWh/m ² (UPME), y la opción de instalación de paneles solares es viable. El área de los techos de la empresa y las zonas aledañas, pueden ser aprovechables para tal fin.
Biomasa	En el área de influencia de la planta, no se produce suficiente materia orgánica renovable vegetal o animal, en ninguno de sus estados (sólido, líquido o gaseoso). Por tal razón, esta opción se descarta.
Geotérmica	En el área de influencia no se presentan fuentes hidrotermales, ni volcánicas, las cuales puedan ser aprovechables para este proyecto. Esta opción se descarta.
Hidráulica	No es viable la construcción de una presa para este proyecto.

De acuerdo con los análisis previos, se definió que la opción viable es a partir del uso de la energía solar como fuente de energía alternativa. Para ello, fue necesario determinar el número de paneles solares, calculando el área mínima necesaria si los paneles fuesen montados con un ángulo de 0° con respecto a la horizontal (no inclinados). Esta estimación permitió dar una idea del espacio mínimo requerido para la cantidad de paneles que conformaran el sistema fotovoltaico.

4.2 Aspectos técnicos

Para calcular la cantidad de paneles que conformaran el sistema fotovoltaica, en primer lugar, se utilizó la ecuación que indica el número de paneles solares requeridos por un sistema fotovoltaico el cual queda determinado de la siguiente manera: (1) :

$$N_p = \frac{\text{Tamaño (kW}_p\text{) del Sistema FV}}{\text{Tamaño (kW}_p\text{) de Cada Panel Solar}} \quad (1)$$

Así mismo, teniendo en cuenta que La Empresa cuenta con un sistema de respaldo perteneciente a la red de suministro eléctrico nacional, cualquier desbalance instantáneo de potencia puede ser suministrado por dicho respaldo [1], Por este motivo, y dado que el sistema FV a diseñar en este trabajo es un sistema ONGRID (significa que está conectado a la red eléctrica nacional), para calcular el tamaño del sistema FV (kW_p), se utilizó la ecuación (2):

$$\text{Tamaño del sistema FV (kW}_p\text{)} = \frac{E_c}{HPE} \quad (2)$$

En donde:

E_c : energía promedio diaria requerida por la carga.

HPE: Horas Peak Equivalentes.

Las Horas Peak Equivalentes (HPE) u Horas Solares Peak (HSP) se definen como la cantidad de horas a irradiancia $1 \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2}\right)$ que contienen la misma energía que el recurso considerado (la potencia nominal de los paneles solares, en general, está determinada para una radiación solar de 1 kW/m^2). De esta forma, las Horas Peak Equivalentes se calculan mediante la ecuación (3)

$$(3) \quad HPE = \frac{RAD}{1\left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2}\right)}$$

En donde:

HPE = Horas Peak Equivalentes.

RAD= Radiación Diaria Promedio.

Tabla 2. Datos Meteorológicos del área de estudio.

Ubicación de datos meteorológicos		Bogotá/Eldorado	
Mostrar datos		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación del Proyecto	
Lattitud	°N	4,7	4,7
Longitud	°E	-74,1	-74,1
Elevación	m	2.546	2.546
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	4,1	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	20,8	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	8,5	

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento	Días-grado de enfriamiento
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	12,9	80,6%	5,01	75,7	2,2	20,6	158	90
Febrero	13,2	80,4%	4,66	75,7	2,2	21,4	134	90
Marzo	13,6	81,7%	4,47	75,7	2,2	21,4	136	112
Abril	13,8	82,8%	3,93	75,7	2,0	21,2	126	114
Mayo	13,8	82,6%	3,70	75,7	2,1	20,8	130	118
Junio	13,5	80,5%	3,79	75,8	2,5	20,2	135	105
Julio	13,1	78,9%	4,04	75,8	2,7	20,3	152	96
Agosto	13,1	78,5%	4,33	75,8	2,6	21,4	152	96
Setiembre	13,1	80,0%	4,31	75,7	2,2	22,1	147	93
Octubre	13,2	82,8%	4,33	75,7	2,0	21,4	149	99
Noviembre	13,4	84,0%	4,10	75,7	2,0	20,5	138	102
Diciembre	12,9	82,5%	4,55	75,7	2,3	20,2	158	90
Anual	13,3	81,3%	4,27	75,7	2,3	20,9	1.716	1.204
Medido a	m				10,0	0,0		

De acuerdo a los datos meteorológicos del área (Ver Tabla 2), el promedio de radiación solar diaria anual es igual a 4,27 $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$, Sin embargo, para cubrir los requerimientos energéticos de todos los meses del año, se consideró la radiación solar diaria promedio del mes con menor radiación solar, en este caso es el mes Mayo, el cual es igual a 3,7 $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$. De esta forma, se asegura un dimensionamiento de sistema FV mucho más efectivo y preciso. Por lo tanto, utilizando la ecuación (4), se tiene:

$$HPE = \frac{3,7 \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{1 \left(\frac{kW}{m^2}\right)} \quad (4)$$

Resultando:

$$HPE = 3,7 \text{ (horas)}$$

Dado el tamaño del proyecto, se recomienda elegir un panel solar que genere la mayor cantidad de Watts peak (W_p) posibles. Dado que los W_p generados por un panel solar dependen directamente de la eficiencia y del área de éstos (ecuación (4)), los paneles elegidos deben tener una eficiencia y tamaño adecuado para las condiciones del proyecto [5].

$$(5) \quad \eta_p = \frac{w_p (W)}{1000 \left(\frac{W}{m^2}\right) * A_p (m^2)}$$

En donde:

η_p : eficiencia del panel solar.

W_p : Watts peak generados por el panel solar.

A_p : Área del panel solar.

Dentro de los modelos de paneles solares disponibles en el programa RetScreen, de $W_p \geq 300$, Se seleccionaron para análisis comparativo los siguientes 3, siendo todos policristalinos, dado que éstos poseen una buena relación precio/eficiencia.

Tabla 3. Fuente: Propia.

Fabricante	China SunEnergy	Siliken	Canadian Solar.
Modelo	CSUN 310-72P	SLK72P6L	CS6X-300P-Max Power
Capacidad (Wp)	310	305	300
Eficiencia (%)	16%	15,7%	15,6%
Área Marco (m2)	1.94	1.94	1.92
Precio (COP)	726.690	1.546.288	877.805
Np (Eficiencia del panel solar) W/m2	0.6014	0.5917	0.576

Teniendo en cuenta el análisis realizado respecto a capacidad, eficiencia y precio de los paneles, (Ver

Tabla 3) y la relación beneficio-costo, para este trabajo se eligió el modelo de panel ofrecido por el fabricante China SunEnergy. (Ver Anexo I).

Por lo tanto:

$$\text{Tamaño } (kW_p) \text{ de Cada Panel Solar} = 0,310 \text{ kWp}$$

En este caso, dado que el consumo promedio, 220 MWh, corresponde al consumo de la carga promedio mensual, se debe dividir este consumo por 30 días, resultando 7333

$\frac{kWh}{día}$. Reemplazando este valor y el de las HPE obtenidas, de la ecuación (2), se tiene:

$$\text{Tamaño del sistema FV (kWp)} = \frac{7333 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{día}}\right)}{3,7 \left(\frac{\text{horas}}{\text{día}}\right)}$$

Resultando:

$$\text{Tamaño del sistema FV (kWp)} = 1982 \text{ (kW)}$$

Reemplazando este valor en la ecuación (1) y utilizando el valor obtenido para el tamaño (kW_p) de cada panel solar (0,310 kW_p), resulta:

$$N_p = \frac{1981 \text{ (kW)}}{0,310 \text{ (kW)}} = 6394$$

Por lo tanto:

$$N_p = 6394 \text{ paneles}$$

Comprobando que esta cantidad de paneles cumple con la restricción de área total disponible para la instalación del sistema FV, se tiene:

$$6393 * A_p = 6393 * 1,94 \text{ (m}^2\text{)} = 12.402 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$12402 \text{ (m}^2\text{)} < 36.000 \text{ (m}^2\text{)}$$

Por lo tanto, existe espacio suficiente para la instalación del sistema FV ya que el área disponible de instalación es de 36.000 (m²)

4.2.1 Modelo de Energía

Para la realización del Modelo de Energía, es importante aclarar que se consideró que los paneles solares se monten sobre un soporte fijo, el cual deberá tener una pendiente igual al ángulo de latitud de la localidad, debido a que la corriente generada por una celda FV varía en función del ángulo (relativo a la normal del plano de la celda) de incidencia de la radiación solar, según la ecuación (6):

$$(6) \quad I = I_0 * \cos \theta'$$

En donde I₀ es la corriente generada cuando los rayos inciden perpendicularmente y θ' es el ángulo de incidencia, con respecto a la normal de la celda, de los rayos solares. Por

este motivo, Para maximizar I , se debe cumplir, en general: $\theta' =$ ángulo de latitud. Recordemos que la latitud del área de estudio es: latitud $4,758746^\circ$, Por lo tanto, en este caso, la inclinación de los paneles debería ser $\theta' = 4,75^\circ$. En este caso, el área sobre el cual se deberán instalar los paneles solares es plana, inclinación 0 grados. Para realizar este cálculo no se consideraron pérdidas de energía en el panel ni en el inversor.

4.2.2 Elección del Inversor:

Teniendo en cuenta que es necesario transformar la energía producida por los paneles solares (Corriente continua) en corriente alterna, con la magnitud y frecuencia necesaria para su uso, se hace necesario contar con un inversor que soporte la capacidad del consumo promedio de La Empresa, por tal razón el inversor debe ser capaz de entregar una potencia mínima 1982 (kW), sin embargo, por motivos de seguridad, es recomendable que la potencia de salida del inversor sea mayor al requerimiento mínimo de potencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, fue seleccionado el inversor trifásico con las siguientes características (Ver ficha técnica en Anexo I):

- Fabricante: ABB
- Modelo: PVS-175-TL
- Eficiencia: 98,6%
- $P_{DC \text{ nominal}} = 185 \text{ (kW)}$
- $V_{DC \text{ nominal}} = 1250 \text{ (kV)}$
- $I_{DC \text{ nominal}} = 264 \text{ (A)}$

De esta forma, se hace necesario contar con 11 inversores, para que sea posible aceptar 2.035 (kW) DC, generados por el sistema FV diseñado, lo cual permite mantener un margen de seguridad en el sistema.

4.2.3 Resultados obtenidos con RetScreen

La tabla 4 presenta los resultados obtenidos del modelo energético planteado de acuerdo a los datos que se introdujeron en el software RetScreen.

Tabla 4. Resultados obtenidos con RetScreen para el Modelo Energético.

Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto					
Tipo de análisis		<input type="radio"/> Método 1			
		<input checked="" type="radio"/> Método 2			
Evaluación de recursos					
Modo de rastreo solar		<input type="radio"/> Fijado			
Inclinación		<input type="radio"/> 4,8			
Azimut		<input type="radio"/>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar datos				
	Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Tarifa de exportación de electricidad \$/MWh	Electricidad exportada a la red MWh
	Enero	5,01	5,16	187.000,0	303,3
	Febrero	4,66	4,73	187.000,0	252,1
	Marzo	4,47	4,49	187.000,0	264,6
	Abril	3,93	3,90	187.000,0	223,8
	Mayo	3,70	3,64	187.000,0	216,4
	Junio	3,79	3,71	187.000,0	213,4
	Julio	4,04	3,96	187.000,0	235,0
	Agosto	4,33	4,28	187.000,0	253,0
	Setiembre	4,31	4,31	187.000,0	246,6
	Octubre	4,33	4,38	187.000,0	258,9
	Noviembre	4,10	4,19	187.000,0	240,0
	Diciembre	4,55	4,69	187.000,0	277,0
	Anual	4,27	4,29	187000,00	2.984,0
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m ²	1,56			
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m ²	1,56			
Fotovoltaico					
Tipo		poliSi			
Capacidad de generación eléctrica	kW	1.982,14			
Fabricante		China Sunergy			
Modelo		poliSi - CSUN310-72P		6394 unidad(es)	
Eficiencia	%	16,0%			
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45			
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%			
Área del colector solar	m ²	12.388			
Pérdidas varias	%				
Inversor					
Eficiencia	%	98,6%			
Capacidad	kW	2068,0			
Pérdidas varias	%				
Resumen					
Factor de utilización	%	17,2%			
Electricidad exportada a la red	MWh	2.984,0			

De la Tabla 4, se pudo interpretar que el sistema FV diseñado es capaz de generar una cantidad mayor de energía (248.67 MWh/mes) que la requerida por la carga (220 MWh/mes). Siempre es preferible sobredimensionar el sistema FV, en un porcentaje aceptable, antes que subdimensionarlo, dadas las variaciones en la radiación solar de año en año.

4.3 Análisis de Emisiones

El sistema fotovoltaico diseñado permite una reducción del 100% en la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), con respecto al caso base donde se utiliza una mezcla de energía (gas natural, carbón, hidroeléctrica). Cabe notar la gran cantidad de emisiones de GEI que se obtendrían con el caso base, lo que se traduce en una reducción de emisiones de GEI neta anual de 3470 toneladas de CO2 para el proyecto de generación de 2984 Mwh/año, esta reducción es equivalente a dejar de utilizar 8070 barriles de petróleo crudo. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de Emisiones.

Resumen sistema GEI caso propuesto (Proyecto de generación eléctrica)						
Tipo de combustible	Mezcla de combustible %	Consumo de combustible		Factor emisión de GEI		Emisiones GEI tCO2
		MWh	tCO2/MWh	tCO2/MWh		
Solar	100,0%		2.984		0,000	0,0
Total	100,0%		2.984		0,000	0,0
Electricidad exportada a la red	MWh	2.984				
				Pérdidas T y D		
			0		1,163	0,0
					Total	0,0

Resumen de reducción de emisiones GEI						
Proyecto de generación eléctrica	Caso base	Caso propuesto	Reducción		Derechos	Reducción
	emisiones de GEI tCO2	emisiones GEI tCO2	anual bruta de emisiones GEI tCO2	de transacción por créditos %	de emisiones GEI anual neta tCO2	
Proyecto de generación eléctrica	3.469,7	0,0	3.469,7		3.469,7	
Reducción de emisiones GEI anual neta	3.470	tCO2	es equivalente a	8.070	Barr. de petróleo crudo no consum.	

4.4 Imagen Corporativa

A lo largo del documento quedaron relacionados algunos de los beneficios a los que pueden acceder las empresas a partir de la implementación de proyectos con energías en base a recursos renovables, en este caso la energía solar. Estos proyectos deben ser enmarcados dentro de un compromiso y lineamientos de política ambiental y de sustentabilidad, lo cual, en el mediano plazo generará un aumento de valor de la marca, mejoramiento de la imagen corporativa y en definitiva, el reconocimiento de los grupos de interés.

Si bien ya se ha mencionado que la inversión en energías renovables se ha concentrado principalmente en China, Europa y Estados Unidos, los países latinoamericanos, principalmente por sus ventajas comparativas, podrían comenzar a aparecer en las principales publicaciones y rankings sobre sostenibilidad. De esta manera,

cuando una empresa como la del estudio desarrolle sus productos y servicios basado en un concepto de sostenibilidad y uso eficiente de recursos, inmediatamente estará generando una afinidad con sus stakeholders y un impacto en su reputación social y ambiental.

Prueba de esto, desde 2005, Corporate Knights, publicación canadiense especializada en responsabilidad social y desarrollo sostenible, anuncia anualmente durante el Foro Económico Mundial, en Davos (Suiza), su lista The Global 100, que contempla las 100 empresas con las mejores prácticas de sostenibilidad corporativa del mundo. La edición del año 2018 incluye a empresas poco conocidas del gran público, con casos reales de sostenibilidad y proyectos centrados en una economía con bajas emisiones de carbono.

En este ranking, es importante señalar que solo cinco compañías latinas (y todas brasileñas) forman parte del ranking de 2018: Natura, en 14º lugar, la Compañía Energética de Minas Gerais – CEMIG, en 18º; Banco do Brasil (49º); Engie Brasil Energia (52º) y Banco Santander Brasil (76º).

Es importante mencionar que para elaborar The Global 100, Corporate Knights selecciona empresas de todos los sectores con base en indicadores como: energía, emisiones de carbono, consumo de agua, residuos sólidos, capacidad de innovación, pago de impuestos, la relación entre el salario medio del trabajador y el de los directivos, planes de pensiones corporativos y el porcentaje de mujeres en la gestión. Además, algunos indicadores tienen una valoración diferente en función del área de actuación de la empresa. La evaluación de la energía, por ejemplo, tendrá más peso en una empresa de un sector que representa una parcela significativa del uso total de energía (entre las empresas clasificadas), que una empresa de un sector que represente una parcela relativamente pequeña del uso total de energía.

Si bien es discutible que los rankings reflejen la verdadera imagen de una empresa en cuanto a si son o no sostenibles, su utilización como parámetro de medición de diferentes variables ha tomado gran relevancia. Entonces, cuando estos rankings se basen en análisis estrictos, como el mencionado anteriormente, las empresas que forman parte del mismo logran tener más visibilidad en su mercado y logran convertirse en referentes tanto para inversores como para las mismas compañías evaluadas en esos rankings.

5. ANALISIS FINANCIERO

La evaluación financiera de este proyecto incluyó los parámetros relacionados a: periodo de tiempo, moneda, tasa de descuento, inflación, WACC, análisis de costos, beneficios económicos, descuentos tributarios, TIR, y VPN, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- Se eligió un horizonte de evaluación de 20 años, debido a que este es el plazo de vida útil de los proyectos de energía fotovoltaica.
- Para este proyecto se utilizó el Peso Colombiano como moneda de evaluación.
- De acuerdo a la agencia internacional de energía, la tasa de descuento para proyectos energéticos de este tipo en países desarrollados es de 10%, para países en vía de desarrollo sugieren usar una tasa del 12%, la cual fue la utilizada en este proyecto.
- La tasa de inflación utilizada para la evaluación del proyecto se fijó en 3,15% para el primer año, de acuerdo a la tasa de inflación del año 2018.

5.1 Costos

Los costos asociados para la evaluación de este proyecto, incluye lo relacionado con estudios, transporte, insumos, operaciones y contingencias, las cuales se relacionan en la Tabla 6, para este proyecto se consideró un rango de contingencia de 10% (en costos iniciales y de mantenimiento).

De acuerdo con la Ley 1715 de 2014, este proyecto no incluye el costo del IVA, ya que está exento del 100% del mismo y también tiene una exención hasta del 50% del impuesto de renta en la vida del proyecto.

Tabla 6. Costos del proyecto

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto	Costos relat.	%	Monto
Estudio de factibilidad							
Estudio de factibilidad	costo	1	\$ 18,000,000	\$ 18,000,000			\$ -
Subtotal:				\$ 18,000,000	0.3%	0%	\$ -
Desarrollo							
Desarrollo	costo	1	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000			\$ -
Subtotal:				\$ 20,000,000	0.4%	0%	\$ -
Ingeniería							
Ingeniería	costo	1	\$ 18,000,000	\$ 18,000,000			\$ -
Subtotal:				\$ 18,000,000	0.3%	0%	\$ -
Sistema eléctrico de potencia							
Fotovoltaico	kw	1,981.00	\$ 2,344,161	\$ 4,643,783,516			\$ -
Caminos-accesos	km			\$ -			\$ -
Línea de transmisión	km			\$ -			\$ -
Subestación	proyecto			\$ -			\$ -
Mediciones de eficiencia energética	proyecto			\$ -			\$ -
Inversor Solar ABB PVS-175-TL	costo	1	\$ 101,438,314	\$ 101,438,314			\$ -
Subtotal:				\$ 4,745,221,830	89.7%	0%	\$ -
Balace del sistema y misceláneos							
Repuestos	%	0.0%	\$ -	\$ -			\$ -
Transporte	proyecto	1	\$ 4,751,000	\$ 4,751,000			\$ -
Entrenamiento y puesta en servicio	p-d	7	\$ 475,100	\$ 3,325,700			\$ -
Definido por el usuario	costo			\$ -			\$ -
Contingencias	%	10.0%	\$ 4,809,238,530	\$ 480,923,853			\$ -
Intereses durante la construcción	1 mes(es)		\$ 5,290,228,383	\$ -			\$ -
Subtotal:				\$ 489,006,553	9.2%	0%	\$ -
Costos iniciales totales				\$ 5,290,228,383	100.0%	0%	\$ -

De acuerdo al análisis de los costos presentado en la Tabla 6, el costo total del proyecto es de 5.290.228.383 COP. El costo del sistema eléctrico de potencia representa más del 80% del total de los costos. (Ver Figura 11) En estos costos no se incluye sistema eléctrico de potencia (subestaciones,) líneas de transmisión, caminos, etc.) ya que para este proyecto no se visualizan estos parámetros.

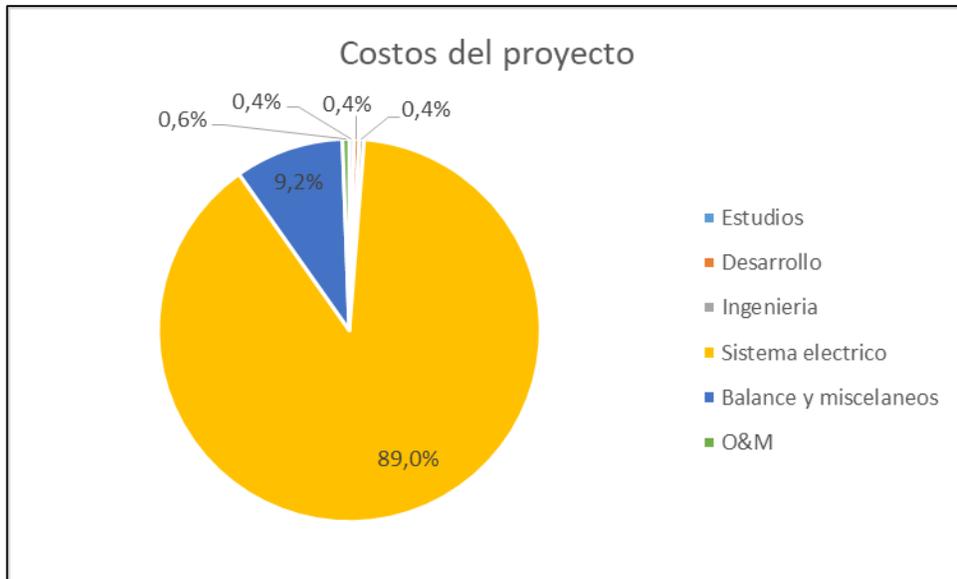


Figura 11. Distribución de los costos del proyecto.

5.2 Evaluación Financiera

Para realizar el análisis del proyecto, se utilizaron los siguientes parámetros (Ver Tabla 7. Parámetros financieros usados en este proyecto.).

Tabla 7. Parámetros financieros usados en este proyecto.

ESQUEMA FINANCIERO	
Inversión	\$ 5.290.000.000
Recursos propios	70%
Tercero	30%
TEA	12%
Plazo/Año	20
Costo Oportunidad	17%
Impuesto Renta anual	33%
Tasa anual de descuento	12%*
TIR	19%

* Inflación proyectada según informe Min Hacienda. (2017).

La inversión inicial para este proyecto es de \$5.290.000.000, con los cuales se estima generar el 100% de los 220 Mw de consumo mensual, el cual, según nuestros análisis históricos y proyecciones logrará eficiencias en ahorro de compra de energía a la red nacional por \$ 900. 000.000 anuales en promedio, teniendo en cuenta la anterior, se estimó el Valor Presente Neto del proyecto en \$ \$ 2.837.662.909 y una Tasa interna de rentabilidad del 19%. (Ver Figura 12).

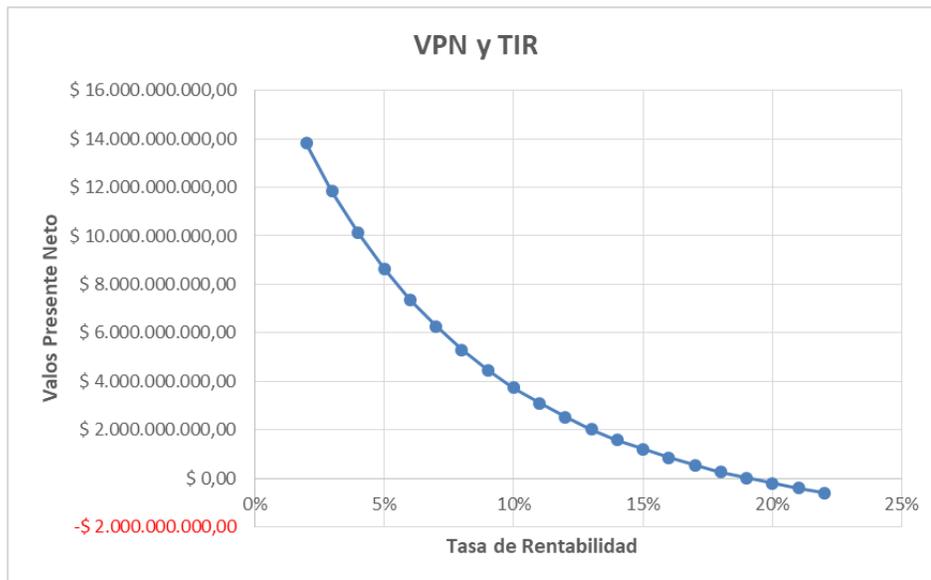


Figura 12. Cálculo de Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno.

Se estima que este proyecto, empezará a tener flujo de caja positivo a partir del 6to año, como se puede apreciar en la Figura 13.

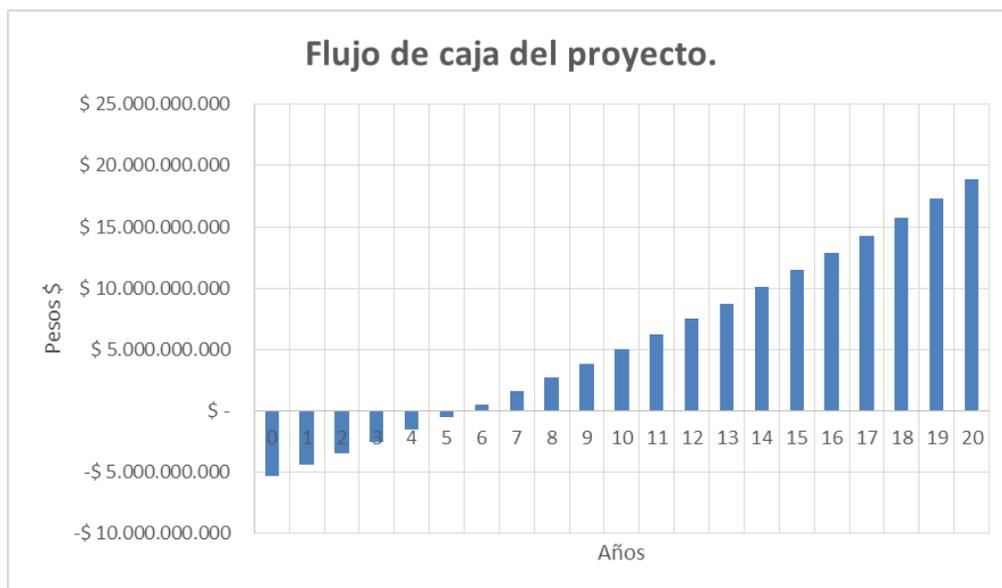


Figura 13. Flujo de Caja del Proyecto.

Teniendo en cuenta que el 70% de este proyecto estará financiado con recursos propios y el 30% con capital externo, y que el costo del capital propio es del 17% y del capital externo es del 8%, la rentabilidad mínima calculada que debe generar este proyecto

para cubrir sus obligaciones financieras es del 14%. (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Calculo del Costo del Capital (WACC)

WACC				
	Monto	Mezcla de Capital	Costo	Ponderado
Recursos propios	\$ 3.703.000.000	70%	17%	12%
Tercero	\$ 1.587.000.000	30%	8%	2%
TOTAL	\$ 5.290.000.000	100%		14%

Tabla 9. Análisis Financiero.

ANALISIS FINANCIERO		
Costo de oportunidad	17%	Rentabilidad esperada del accionista por sus aportes de capital
TIR	19%	La tasa supera las expectativas de los accionistas en un 2%
WACC	14%	Rentabilidad mínima que debe rentar el proyecto para cubrir las obligaciones financieras
EVA	5%	Rentabilidad adicional que genera el proyecto una vez recuperado los recursos invertidos
VALOR PROYECTO (VNA)	\$5.926.064.872	Es lo que vale el proyecto y el mínimo que deben recibir los accionistas para venderlo
VIABILIDAD FINANCIERA (VPN)	\$636.064.872	Ganancia que obtendrían los accionistas una vez recuperado los recursos invertidos

De acuerdo con los resultados de la Tabla 9, la cual presenta las principales variables financieras de este proyecto, el VPN es positivo, va a generar una rentabilidad superior a la esperada por los accionistas y su EVA es positivo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones climatológicas, espaciales y estructurales de la zona donde se ubica la planta de producción de la empresa, se determina a partir de los resultados arrojados en el trabajo, que cumple con las características mínimas recomendables para la instalación de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica.

Se requiere la instalación de 6394 paneles solares CSUN 310-72P de la compañía China SunEnergy en un área de 12404 m², los cuales generaran en promedio 248 MWh/mes, más de los 220 MWh/mes que actualmente se requieren para la operación.

Se calcula que con la implementación de este proyecto, el cual estima generar 220 MWh a partir de energía fotovoltaica, se lograrán reducir las emisiones de CO₂ en 3470 Tn, lo cual es equivalente a consumir 8070 barriles de petróleo al año.

La evaluación financiera de este proyecto arroja como resultado, un proyecto viable financieramente, el cual tendrá un retorno de inversión en 6 años, presentando un VPN de 2.837.662.909, una TIR de 19%, un WACC positivo y EVA +5%, lo cual hace que este proyecto sea rentable y viable para La Empresa interesada en este proyecto.

Teniendo en cuenta que el presente trabajo de aplicación empresarial incorpora variables económicas, datos de consumo, indicadores ambientales y otras cifras que pueden fluctuar en función de condiciones de mercado y necesidades puntuales de cada proyecto en particular, se recomienda que, al momento de tomar la decisión de materializar dicho proyecto, se actualicen todos los valores y cifras que presentadas en los diferentes análisis ambientales, financieros y técnicos.

La ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, otorga grandes beneficios a personas naturales o jurídicas que promuevan la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE). Los beneficios tributarios tienen que ver con disminución en el

impuesto en la renta, posibilidad de vender excedente a la red eléctrica nacional, exclusión de IVA para equipos nacionales o importados y algunas exenciones de pago de derechos tributarios.

Respecto a lo anterior, al tratarse de una temática que contempla un marco regulatorio y esquema de beneficios tributarios incipiente, una vez tomada la decisión de avanzar en el proyecto, se recomienda revisar y actualizarse sobre las fuentes oficiales en donde se enmarcan los proyectos FNCE y al mismo tiempo, se debe consultar el tipo de estímulo o beneficio tributario que sea el más adecuado en función del alcance del proyecto.

Por otro lado, para todos aquellos que se encuentren en la fase inicial o experimental de este tipo de iniciativas, se recomienda comenzar con la revisión de la GUÍA RÁPIDA DE FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA que se encuentra en el Anexo 1.

Al tratarse de proyectos que requieren incorporar análisis técnicos, económicos y temas que tienen un alcance tributario, ya que estos proyectos se ven beneficiados por diferentes instrumentos impositivos, se recomienda fortalecer estos temas por medio del asesoramiento específico en las temáticas que así se considere que lo demande.

Desde el punto de vista de alternativas de fuentes de energía no convencionales, el estudio arrojó que la energía solar era la más conveniente por las razones expuestas en el capítulo correspondiente. De todas formas, es necesario que los formuladores de este tipo de proyectos contemplen en sus análisis el tipo de FNCE que más se adapte a las características climatológicas en donde se emplace el proyecto, como así también a las posibilidades técnicas y operativas que ofrezca la infraestructura donde se aplicará el emprendimiento.

BIBLIOGRAFIA

Referencia figura 2 estadísticas del Banco Mundial.
<https://datos.bancomundial.org/tema/energia-y-mineria>.

[1] H., CHAVEZ, “Sistemas Fotovoltaicos”, Apuntes del curso Generación Eléctrica con Fuentes de Energía Renovable, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Santiago de Chile, 2019.

[2] H., LIRA, Apuntes del curso Diseño, Aspectos Económicos y Regulatorios de Sistemas Fotovoltaicos, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Santiago de Chile, Julio de 2018.

[3] Y., SCHIFFERLI, “Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico para Caleta Camarones”. Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero en Electricidad, 2018.

Guía para la Elaboración de Proyectos de Energía Sustentable, Publicado por: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Víctor Hugo González Sánchez, México, D.F., Junio del 2015.

Guía para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en América del Norte, Comisión para la Cooperación Ambiental, 2010, ISBN 978-2-923358-76-5.

Guía para elaboración de un plan de energización rural sostenible, Equipo de trabajo USAID /Colombian Clean Energy Program (CCEP), Editorial Scripto S.A.S. Bogotá, D.C. - Colombia - Junio de 2015, ISBN: 978-958-8363-27-1.

Handbook on Siting Renewable Energy Projects While Addressing Environmental Issues, U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response’s Center for Program Analysis

Technical Guide to Renewable Energy Approvals, Ministry of the Environment, Queen’s Printer for Ontario, 2013.

Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2014, San José, Costa Rica 2015, ISBN: 978-92-9248-548-1

Guidance on Energy Transmission Infrastructure and EU nature legislation, European Commission, 2018.

Energía solar fotovoltaica, cálculo de una instalación aislada, 2010, Miguel Pareja Aparicio.

La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual (Valderrama Mendoza, M., Ocampo, P. C., Gracia León, H. & Rodríguez Urrego L.2018)

ANEXO 1

GUÍA RÁPIDA DE FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA

Según datos del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), hay 1.710 localidades rurales en Colombia en donde se calcula que 128.587 personas solo acceden al servicio entre cuatro y doce horas al día.

La mayoría de los habitantes de esas pequeñas poblaciones rurales, donde alguna de ellas solo se puede acceder por vía fluvial o lomo de mula, se han tenido que adaptar a vivir con pocas horas de energía eléctrica durante el día. A su vez, la escasez de iluminación pública también ha facilitado durante varios años el actuar de grupos criminales, que aprovechaban la oscuridad para cometer actos delictivos.

Todavía en pleno siglo XXI y con el nivel de desarrollo tecnológico que se ha alcanzado, aún existen regiones en el país sin acceso a la electricidad. Independientemente de la inversión que se tenga que realizar, las sociedades y el desarrollo de las mismas no pueden prosperar sin el acceso a una energía moderna, competitiva y sustentable.

De esta manera, como complemento a la tesis de aplicación empresarial, se presenta en este documento en formato de “Guía Rápida”, compilada de una manera simple, adaptado a la realidad y necesidades de los emprendimientos locales. Es importante aclarar que este material que se presenta es solamente un documento práctico para orientar a micro y pequeños emprendedores a formular su propio proyecto de energía renovables. El propósito es que cada interesado logre adaptarlo a su particular realidad y ecosistema y siempre con la ayuda y orientación de actores locales como Alcaldías, Ecosistemas de Emprendimientos, Organismos de Apoyo, entre otros.

Enfoque general

El mundo de los proyectos en general y de energías renovables, en particular, abarca un abanico de temáticas muy amplio y complejo, lo cual resultaría dificultoso y poco práctico trabajar sobre todas las dimensiones al mismo tiempo. Por eso, partimos de la base de que la Guía Rápida está estructurada para darle algunas herramientas claves que el emprendedor e interesados en general podrán considerar para dar continuidad a su proyecto

y tomando como referencia algunos de los pilares fundamentales de la formulación de proyectos de inversión.

Seguramente, habrá proyectos que se encuentran en diferentes etapas de maduración y donde cada uno podrá rescatar y aprovechar diferentes herramientas en función de su necesidad particular. Por eso, la guía está pensada en pasos o bloques temáticos y que si bien, uno se complementa y está directamente relacionado con el otro, se pueden abordar en forma independiente de acuerdo a cada necesidad en particular.

ANEXO 1

1. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Nombre del proyecto

1.2 Descripción del problema a resolver

1.3 Descripción de los miembros del equipo

1.4 Descripción de los principales actores involucrados en el proyecto

- Aportantes.
- Socios Estratégicos.
- Cooperación regional, nacional e internacional.

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Los proyectos deben ser contextualizados y diferenciados de otro tipo de proyectos para no ser confundidos con otros programas. Es decir, favorablemente, que estas iniciativas deberían ser vinculadas con la normatividad y programas colombianos vigentes, como por ejemplo los Planes de Energización Rural Sostenibles -PERS-.

También, es oportuno incluir un párrafo sobre el panorama del cambio climático con lo cual se puede hacer referencia al trabajo de tesis “ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL MEDIO EMPRESARIAL: ROMPIENDO PARADIGMAS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES, A TRAVÉS DE LA COMPARACIÓN DE MODELOS CONVENCIONALES, CON ENERGÍAS LIMPIAS”, el cual incluye una extensa contextualización sobre el tema.

3. INFORMACION TECNICA DEL PROYECTO (se sugiere utilizar RetScreen)

3.1 Aquí se debe definir en forma concreta y resumida las implicaciones del proyecto y los alcances del mismo. Por lo tanto, se debe especificar brevemente:

- Cómo este proyecto atiende los objetivos de la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia – UPME.
- Cómo se inserta en un contexto de cambio climático relativo al sector de energía y como contribuye en aminorar alguna problemática asociada.
- Qué problemática principal sustenta el proyecto: energías limpias, acceso a energía, reducción de gases de efecto invernadero, entre otros.

3.2 Objetivo General

El objetivo general deberá estar de acuerdo a la adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático así como la reducción de gases de efecto invernadero y el uso de energías limpias.

3.3 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos indican como se concreta el general indicando el modo de alcanzarlo.

3.4 Descripción General de la Ubicación Física del Proyecto

Se sugiere incluir datos generales de instituciones gubernamentales como los del IDEAM y los desarrollados en los Planes de Ordenamiento Territorial – POT – entre otros. De ser posible, incluir datos de cualquier otro estudio desarrollado, así como inventarios y apoyo cartográfico.

3.5 Ubicación y Coordenadas Geográficas del Proyecto

En primera instancia se sugiere utilizar datos, mapas o croquis oficiales del municipio, en caso contrario, estos datos se puede obtener a través de google earth.

3.6 Croquis de la Ubicación donde se desarrollará el proyecto.

El croquis muestra la disposición y ubicación general de los equipos.

3.7 Memoria Fotográfica

Realizar un levantamiento fotográfico con referencias para posteriormente realizar el mismo levantamiento una vez implementado el proyecto. Esto permitirá demostrar las condiciones antes y después del proyecto.

3.8 Descripción Detallada del Proyecto

Descripción minuciosa de en qué consiste el proyecto, las diversas actividades que lo conforman, teniendo especial énfasis en el alcance del proyecto y especificando el nombre de los responsables durante su ejecución.

3.9 Análisis de Situación Actual (sin proyecto)

Describir cual es la situación actual de la problemática y como sería con la implementación de un proyecto de energía sustentable. Este análisis dependerá del objetivo que se persigue, sea para temas de mitigación o sustitución de equipos, entre otros.

3.10 Selección y comparación de tecnologías

El software RETSCREEN permite realizar un análisis de las tecnologías más apropiadas según el tipo de proyecto. Independientemente del instrumento o herramienta, se debe llevar a cabo un análisis técnico y de costo – beneficio de las diferentes tecnologías para su posterior comparación. Análisis de pros y contras. Debe ser adecuada de acuerdo a las características ambientales y sociales del lugar.

3.11 Justificación de Alternativa Seleccionada

Explicar cuál es la mejor alternativa de tecnología tomando en cuenta los puntos anteriores.

3.12 Cuadro de Especificaciones Básicas de la Tecnología Seleccionada

Incluir los datos principales de la tecnología seleccionada de acuerdo a especificaciones técnicas de tecnologías en el mercado.

3.13 Beneficios Esperados Cuantificables

Establecer y cuantificar los beneficios adicionales del proyecto, como por ejemplo la población beneficiada, el ahorro estimado, los beneficios ambientales y los beneficios sociales.

3.14 Población beneficiada

Describir qué población directa e indirectamente se estará beneficiando una vez se haya ejecutado el proyecto y determinar el número de beneficiarios como así también los empleos que se generarán en el caso de que aplique.

4. INFORMACION LEGAL DEL PROYECTO

4.1 Autorización de cambio de uso de suelo.

Aquí se deberán adelantar todos los trámites ambientales y permisos correspondientes por posibles impactos que se puedan generar con el nuevo proyecto. En las Corporaciones Autónomas Regionales y otras dependencias como la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, se podrán consultar los diferentes requerimientos en esta materia.

4.2 Documento legal que acredite la legítima propiedad del predio en donde se desarrollara el proyecto.

Este es un requisito primordial sobre todo en regiones o zonas alejadas donde en muchos casos no existen documentos catastrales que permitan legitimar la propiedad de las tierras.

5. INFORMACION FINANCIERA DEL PROYECTO (se sugiere utilizar RetScreen)

5.1 Información financiera que debería incluir el proyecto

- **Información general del proyecto:** capacidad nominal, factor de capacidad, inflación, año de arranque, vida del proyecto.

- **Ingresos:** ahorro por desplazamiento de combustible o energía, productos o beneficios secundarios, recuperación de costos (depreciación o gasto), recuperación de costos (deducciones fiscales), créditos comercializables de energía renovable, subvenciones e incentivos, intereses generados por reservas para el servicio de deuda, contrato de compraventa de energía u otros contratos de compraventa.
- **Costos:** costo del equipo, que incluya instalación y preparación del sitio; costo del resto del sistema, además del equipo, costos de capital, por ejemplo, interconexión y obras civiles, otros costos del promotor, por ejemplo, planeación, estudios ambientales, tramitación de permisos y licencias y negociación de contratos de compraventa de energía, intereses sobre préstamos para la construcción, costos recurrentes, como reemplazo de equipo, operación y mantenimiento costos fijos, variables, o una combinación de ambos, renta o regalías al propietario del sitio, Impuesto predial, seguro del proyecto, seguro de la producción, impuesto sobre la renta.
- **Costos de financiamiento:** préstamos, porcentaje de deuda, tasa de interés y plazo de los préstamos, capital social, cargos por financiamiento de capital social, capital de trabajo inicial, cargos por financiamiento de deuda, reserva para el servicio de la deuda y otras obligaciones, tasa de descuento aplicable a futuras entradas de efectivo el primer año y utilizada para calcular el valor presente neto (VPN) del proyecto.

Una vez identificado todos esos componentes, en definitiva, el ejercicio financiero consta de tres partes fundamentales:

1. ¿Cuánto dinero necesito? – PRESUPUESTO

Como en cualquier tipo de proyecto, una iniciativa de energías renovables requiere de un presupuesto detallado donde el grupo de trabajo pueda consultar periódicamente. También, el mérito de una inversión de este tipo se relaciona con el rendimiento de la inversión (RI): la proporción del dinero ganado o perdido en una inversión en relación con la cantidad de dinero invertido. De manera similar, los inversionistas con frecuencia estiman la tasa interna de rendimiento de un proyecto (TIR): la tasa de rendimiento compuesta, efectiva,

anualizada que se puede ganar sobre el capital invertido, es decir, el rendimiento neto de la inversión.

2. ¿Cuándo necesito el dinero? – FLUJO DE FONDOS

El flujo de fondos permitirá conocer las entradas y salidas de dinero del proyecto durante un período de tiempo, por lo general el corto plazo. El análisis del flujo de fondos ayudará a alertar al proyecto cuando se avecinan problemas financieros y de solvencia.

Retscreen ofrece hojas de cálculo vinculadas que son adecuadas a la fase del estudio previo de factibilidad del proyecto y permiten hacer análisis de costos y presupuesto, correr escenarios de flujo de fondos y determinar los principales puntos sensibles del modelo de financiamiento empleado.

3. ¿De dónde provendrán los recursos? – PLAN FINANCIERO

El plan financiero resume todo lo anterior y podrá incluir: presupuesto, flujo de fondos, estados de pérdidas y ganancias, recursos financieros personales y diferentes fuentes de financiamiento como créditos, subvenciones o ingresos derivados de certificados de energía renovable.

6. INFORMACION DE NORMATIVA

6.1 Normatividad

Describir la normatividad estatal y/o municipal a la que se apega el proyecto incluyendo la ambiental relacionada al cambio climático y fomento de energías renovables.

6.2 Especificaciones técnicas de equipos y materiales

Presentar las especificaciones técnicas de los materiales y equipos necesarios (normas, procedimientos, instructivos, certificaciones, etc.)

6.3 Requisitos de Seguridad

Enumerar los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir los equipos a adquirir por el proyecto para su correcto desempeño y en su caso para la ejecución del mismo. Puede apoyarse en las normas de seguridad que rigen a los equipos respectivos.

6.4 Requisitos de Calidad

Enlistar los requisitos de calidad esperados por los productos y equipos requeridos para el correcto funcionamiento del proyecto.

6.5 Requisitos de Protección Especificar los requisitos de protección que cumplirán los productos, equipos e instalaciones para una correcta operación del proyecto.

6.6 Normas Oficiales Colombiana que cumplirá el Proyecto

Enumerar las Normas Oficiales Colombiana y/u otros certificados vigentes que cumplirá el proyecto.

COMENTARIOS FINALES

Este documento constituye una recopilación de documentos y bibliografía a nivel local e internacional para desarrollar proyectos de Energía Sustentable. Representa un punto de partida que al final, junto a la metodología presentada en el documento principal de tesis, facilitará todo el proceso de elaboración y formulación de proyectos de Energía Sustentable.

Es importante aclarar que este material se preparó como un documento práctico para orientar a los interesados en sus pasos iniciales de su proyecto de energía renovables. El propósito es que cada emprendedor logre adaptarlo a su particular problemática y lo que es mejor, llevarlo a la práctica e implementarlo.

ANEXO 2

Ficha Técnica Panel Solar.

Poly



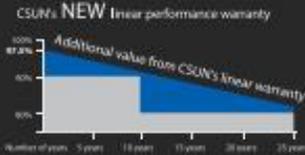
PowerGuard
PRODUCT GUARANTEE SERVICE

Powerguard insurance global coverage

Within the first year, the output power shall not be less than 97.5% of the minimum output power in CSUN's product datasheet, thereafter the loss of output power shall not exceed 0.7% per year, ending with 80.7% in the 25th year.

CSUN Standard warranty

CSUN's NEW linear performance warranty



Number of years	Power Output (%)
0	97.5%
5	95.5%
10	93.5%
15	91.5%
20	89.5%
25	80.7%



CSUN's NEW linear performance warranty
Minimum 1.000 kWh/m²



CSUN
energy for today



CSUN310-72P

Standard Solar Product

CSUN310-72P
CSUN305-72P
CSUN300-72P
CSUN295-72P
CSUN290-72P

16.01%

Module efficiency

Industry leading conversion efficiency

310 W

Highest power output

Positive tolerance offer

10 years

Material & workmanship warranty

Passed salt mist & ammonia corrosion, blowing sand and hail testing

25 years

Linear power output warranty

Certificated to withstand wind (2400 Pa) and snow load (5400 Pa)

Excellent performance under weak light conditions

Good temperature coefficient enables better output in hot climates

- CSUN, established in 2004, is a high-tech corporation with its core business in R&D, manufacturing, and sale of high efficiency silicon based solar cells and modules.
- As one of the leading PV enterprises in the world, CSUN has delivered more than 1.4GW solar products, to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.
- Through strict selection of raw materials, stringent quality control and tests in state of the art facilities in Istanbul, Nanjing and Shanghai, CSUN has always committed to higher efficiency, more stable and better cost performance products.

* Note: All specifications, warranties, certifications about module of CSUN series also apply to that of SST.

All information and data are subject to change without notice and are provided without liability.



www.csun-solar.com

Electrical characteristics at Standard Test Conditions (STC)

Module	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P	CSUN 295-72P	CSUN 290-72P
Maximum Power - P _{mpp} (W)	310	305	300	295	290
Positive power tolerance	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%
Open Circuit Voltage - Voc (V)	44.8	44.7	44.5	44.4	44.3
Short Circuit Current - Isc (A)	9.04	8.97	8.91	8.83	8.75
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	36.1	35.9	35.8	35.7	35.6
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	8.58	8.50	8.37	8.26	8.15
Module efficiency	16.01%	15.75%	15.49%	15.23%	14.98%

Electrical data relates to standard test conditions (STC): irradiance 1000W/m²; AM 1.5; cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within ±3%. Certified in accordance with IEC61215, IEC61730-1/2 and UL 1703

Electrical Characteristics at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P	CSUN 295-72P	CSUN 290-72P
Maximum Power - P _{mpp} (W)	228	225	220	217	213
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	33.4	33.2	32.9	32.5	32.3
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	6.83	6.77	6.71	6.67	6.59
Open Circuit Voltage - Voc (V)	41.4	41.3	41.1	41.0	40.8
Short Circuit Current - Isc (A)	7.29	7.24	7.19	7.01	6.95

Electrical data relates to nominal operating cell temperature (NOCT): irradiance 800W/m²; wind speed 1 m/s; cell temperature 40°C; ambient temperature 20°C measuring uncertainty of power is within ±3%.

Temperature Characteristics

Voltage Temperature Coefficient	-0.292%/K
Current Temperature Coefficient	+0.045%/K
Power Temperature Coefficient	-0.408%/K

Maximum Ratings

Maximum system voltage (V)	1000
Series fuse rating (A)	20
Reverse current overload (A)	27

Mechanical Characteristics

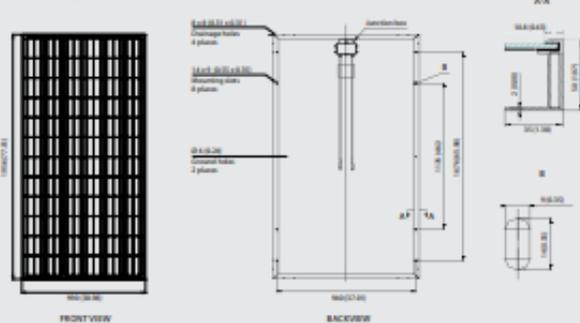
Dimensions	1956 × 990 × 50 mm
Weight	22.3 kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front glass	White toughened safety glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	Composite film
Cells	6 × 12 pieces polycrystalline solar cells series strings (156 × 156 mm)
Junction Box	Rated current ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV & UL
Cable	Length 900 mm, 1 × 4 mm ²
Connector	MC 4/ compatible with MC 4

System Design

Temp. range	-40°C to +85°C
Hail	Max. diameter of 25mm with 23m/s impact speed
Max. capacity	Snow 5400 Pa, wind 2400 Pa
Application class	A
Safety class	II

Dimensions

Note: All dimensions in mm (inch)



IV-Curves

