

Mitigación del Impacto de la Emisión de Dióxido de Carbono en una Empresa
Transportadora de Gas por Gasoducto.

Mervin Uriel Villamizar Rivera

Monografía para optar el título de Especialista en Ingeniera Ambiental

Director

Hernán Raúl Vargas

PhD. Ingeniería eléctrica

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Fisicoquímica
Escuela de Ingeniería Química
Especialización en Ingeniería Ambiental
Bucaramanga

2019

Tabla de Contenido

Introducción.....	10
2. Objetivos.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. Cuerpo del trabajo	13
3.1 Marco Referencial	13
3.1.1. Marco Teórico.	13
3.1.2 Los Sistemas Fotovoltaicos.	14
3.1.3 Estadísticas y Matriz Energética de Colombia..	15
3.2 Marco Legal	17
3.3 Método del Proyecto	21
3.3.1 Identificación de las Fuentes de Emisión..	21
3.3.2 Selección del método a cálculo de las emisiones de CO ₂	23
3.3.3 Recolección de datos y Selección de Factores de Emisiones..	23
3.3.4 Aplicar Herramientas de Cálculo.:	24
4. Resultados.....	25
4.1 Diseño Inicial del Sistema Fotovoltaico	35
5. Conclusiones.....	37

Referencias bibliográficas	39
----------------------------------	----

Lista de tablas

Tabla 1 Requisitos legales y normativos	17
Tabla 2. Requisitos Legales y Normativos Emisiones de Gas.....	19
Tabla 3 Factor de emisión.....	24
Tabla 4. Energía Consumida.....	27
Tabla 5. Emisiones Consumo de Energía	28
Tabla 6. Consumo de Energía Eléctrica de las Empresas del Grupo Promigas año 2016.	29
Tabla 7. Flujo de Caja de los primeros 5 años	32
Tabla 8. Resumen del Proyecto de Paneles Planta Palenque.....	32

Lista de figuras

Figura 1. Matriz Energética de Colombia.....	16
Figura 2. Huella de carbono comparativa	22
Figura 3. Sistema general de transporte de Promioriente.....	25
Figura 4. Alcances GHG Protocolo y la ISO 14064-1:2006.	27
Figura 5. Flujo de Caja para Vida útil de 30 años.	31
Figura 6. Evolución de la Energía Solar en los Países Europeos.....	35
Figura 7. Esquema Definido para el Sistema Fotovoltaico de la Estación Palenque.	36

RESUMEN

Título: MITIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO EN UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE GAS POR GASODUCTO. *

Autor: MERVIN URIEL VILLAMIZAR RIVERA^{1**}

Palabras clave: Emisiones, fotovoltaico, energía, inversión

Descripción: Uno de los temas actuales en el mundo es el cambio climático y todos los esfuerzos que se pueden realizar para poder mitigar este cambio, es por ende que en la conferencia de las naciones unidas se realizan acuerdos para que cada empresa de más de 200 gobiernos a nivel mundial, luchen por reducir los procesos de combustión o los gastos eléctricos, estos últimos son responsables de grandes emisiones de CO₂. una de las medidas más importantes en este contexto es la determinación de las contribuciones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de las operaciones de las empresas de transporte de gas.

En ocasiones los controles ejercidos por el ministerio de ambiente solo cumplen con las normas de emisiones, dichos controles no son lo suficientemente amigables con el medioambiente además que gran parte de la energía usada en el país proviene de fuentes hídricas, con el manejo de energías limpias se busca disminuir drásticamente los efectos del calentamiento global. En este trabajo se presentará una propuesta para realizar la implementación de un sistema fotovoltaico como propuesta para realizar una disminución mitigaciones de impacto ambiental para una empresa transportadora de gas natural por gaseoducto, teniendo en cuenta que a pesar de los grandes costos de la implementación de un sistema fotovoltaico la inversión realizada por la empresa es recuperada en un periodo no mayor a seis años.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Hernán Raúl Vargas

ABSTRACT

Title: MITIGATION OF THE IMPACT OF CARBON DIOXIDE EMISSION ON A GAS PIPELINE COMPANY.*

Author: MERVIN URIEL VILLAMIZAR RIVERA**

Keywords: Emission, photovoltaic, energy, investment

Description: One of the current issues in the world is climate change and all the efforts that can be made to mitigate this change, is therefore that at the conference of the united nations agreements are made for each company of more than 200 governments worldwide, to fight to reduce combustion processes or electricity costs, The latter are responsible for large CO₂ emissions. One of the most important measures in this context is the determination of the contributions of greenhouse gases from the operations of gas transport companies.

Sometimes the controls exercised by the environment ministry only comply with emission standards, such controls are not environmentally friendly enough, in addition to the fact that much of the energy used in the country comes from water sources, With the management of clean energies is sought to drastically diminish the effects of global warming. In this paper will be presented a proposal to carry out the implementation of a photovoltaic system as a proposal to carry out a reduction of environmental impact mitigations for a company transporting natural gas by pipeline, taking into account that despite the high costs of implementing a photovoltaic system the investment made by the company is recovered in a period not exceeding six years.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Hernán Raúl Vargas

Introducción

El cambio climático es uno de los retos más importantes que afronta la humanidad en la actualidad desde el punto de vista ambiental, ya que tiene repercusiones desde el punto de vista económico y social en comunidades y en cualquier tipo de organización.

Teniendo en cuenta las implicaciones y consecuencias que puede ocasionar el cambio climático en las actividades de transporte de gas; se ha tomado la decisión de empezar a realizar actividades que permitan una mitigación y adaptación a las cambiantes condiciones climáticas del planeta. Una de las medidas más importantes en este contexto es la determinación de las contribuciones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de las operaciones de las empresas de transporte de gas; por esta razón, se ha decidido calcular la Huella de Carbono Corporativa, como un primer paso para iniciar procesos de gestión asociados a la generación de energía renovable.

El presente documento está orientado a proponer la implementación de un Sistema Fotovoltaico como propuesta para la mitigación del impacto ambiental de la emisión de dióxido de carbono en una empresa transportadora de gas natural por gasoducto. Esto teniendo en cuenta que las emisiones a la atmósfera generan mayores temperaturas y contribuye con el Efecto del Calentamiento Global que tiene incidencia directa sobre el cambio climático del planeta. Aunque principalmente los casi 200 gobiernos comprometidos con los acuerdos de la Conferencia de Naciones Unidas (COP 21), cada empresa puede contribuir, reduciendo el proceso de combustión que son provocados directamente, por el uso del automóvil y la quema de leña; también evitar los gastos eléctricos, que a buen seguro son muchos: iluminación, electrodomésticos, aire

acondicionado y calefacción son los responsables de buena parte de las columnas de CO₂ emitidos a la atmósfera.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de mitigación del impacto ambiental por la emisión de dióxido de carbono en una empresa de transporte de gas natural por gasoducto.

2.2 Objetivos Específicos

- Plantear la necesidad de reducción de las emisiones de dióxido de carbono en una empresa de transporte de gas natural por gasoductos.
- Analizar el impacto de las emisiones de dióxido de carbono en una empresa transportadora de gas por gasoductos.
- Diseñar el sistema el Sistema Fotovoltaico que permita reducir las emisiones de dióxido de carbono en una empresa transportadora de gas natural por gasoducto.
- Analizar los beneficios tributarios, al implementar el sistema fotovoltaico propuesto.

3. Cuerpo del Trabajo

3.1 Marco Referencial

3.1.1. Marco Teórico. Las emisiones de dióxido de carbono tienen dos orígenes, naturales y antropogénicas, teniendo estas últimas un fuerte crecimiento en las últimas décadas. La concentración actual de CO₂ en el aire oscila alrededor de 387 ppm, o 0,0387%, con algunas variaciones día-noche, estacionales (por la parte antrópica) y con picos de contaminación localizados. El contenido de CO₂ nunca ha sido tan elevado desde hace 2,1 millones de años. La concentración de CO₂ en la atmósfera está aumentando desde finales del siglo XIX y el ritmo de aumento se aceleró a finales del siglo XX, pasando de 0,5 ppm/año en 1960 a 2 ppm/año en año 2000 (valor mínimo de 0,43 en 1992 y máximo de 3 ppm en 1998). Desde 2000, la tasa anual de aumento apenas ha cambiado.

Las emisiones antropogénicas mundiales están aumentando cada año: en 2007 las emisiones de CO₂ eran 2,0 veces mayores que en 1971. En 1990 fueron emitidas 20.878 t/año de CO₂ y en 2005 26.402 es decir, aumentó 1.7% por año durante este período. La combustión de un litro de gasolina genera 2.3 kg de CO₂ (Wikipedia , 2019) y la de un litro de gasóleo 2,6 kg de CO₂. A pesar de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en algunos países en la década de 1990, las emisiones de dióxido de carbono han seguido aumentando. (Wikipedia , 2019) En 2008, los países «menos desarrollados» representaron más del 50% de las emisiones mundiales, pero en parte debido a la producción de bienes para los países ricos. Estos países representan el 80% de la población mundial pero sólo fueron con el 20% de las emisiones desde 1751 a 2007.

Debido al incumplimiento del Protocolo de Kioto en 2009 se realizó la Cumbre de Copenhague, Conferencia sobre el cambio climático de la ONU 2009, donde participaron 119 líderes mundiales con el objetivo de llegar a acuerdos realistas sobre el cambio climático y emisiones de CO₂. (Wikipedia, 2019) Según la Agencia Internacional de Energía, las emisiones de CO₂ aumentarán el 130% de aquí a 2050. La inversión necesaria para reducir a la mitad las emisiones y desarrollar una "revolución internacional de las tecnologías energéticas" se elevaría a 45 000 millones de dólares de aquí a 2050. En este sentido una de las tecnologías que se encuentran con mayor avanzada, son los sistemas fotovoltaicos. La energía fotovoltaica constituye quizás el sector más popular y de mayor crecimiento de la tecnología solar. Los instrumentos fotovoltaicos generan electricidad directamente de la luz solar mediante un proceso eléctrico que se produce de manera natural en determinados tipos de materiales. Esto se ha entendido por muchos de los países que ven en este tipo de energía un aliado para la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, ya que, si bien se debe realizar una inversión, esta se recupera en poco tiempo.

3.1.2 Los Sistemas Fotovoltaicos. El sector fotovoltaico mundial ha experimentado un crecimiento medio superior al 40% durante los últimos ocho años, con una producción de más de 2.200 megavatios en 2006. La tecnología fotovoltaica ha pasado a ser competitiva en todos los segmentos del mercado, especialmente en aplicaciones de conexión a la red, ya que la mayor inversión en el sector ha dado lugar a importantes avances en la automatización, la eficacia de fabricación y la capacidad. Varios países punteros, como Alemania, Japón y los Estados Unidos, que representan dos tercios del mercado mundial, han desarrollado programas de apoyo al mercado para reducir los costes.

El crecimiento de la tecnología fotovoltaica ha conllevado un comportamiento típico de la "curva de experiencia", con un descenso en los precios de fabricación. Los datos disponibles

muestran con bastante claridad un "índice de progreso" del 18% al 20%, es decir, cada vez que la producción acumulada de células fotovoltaicas se dobla, los precios descienden una quinta parte. Actualmente, los módulos de energía solar se venden en todo el mundo a un precio de entre 3 y 5 dólares por vatio, mientras que los sistemas instalados suelen tener un precio de venta de entre 6 y 10 dólares por vatio. La energía solar es la opción más económica de proporcionar energía en ubicaciones que se encuentren a más de 800 km de distancia de una instalación eléctrica y suele ser competitiva al no estar subvencionada en regiones con precios elevados de la energía. El sector de la energía fotovoltaica está trabajando para reducir los costes de los sistemas en un 50% para 2020, fecha en que los sistemas fotovoltaicos comenzarán a ser rentables frente a los precios de venta minorista de electricidad en gran parte de los Estados Unidos y en otros países desarrollados.

Con el Acuerdo para el Cambio Climático de París (COP21) en 2015 quedó claro que el desarrollo económico del mundo debe moverse hacia las energías renovables, para dejar atrás la generación a partir de combustibles fósiles, como carbón, petróleo o gas natural.

3.1.3 Estadísticas y Matriz Energética de Colombia. Estadísticas de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) evidencian que, de las iniciativas radicadas, el 88,3% tienen que ver con energía solar, en donde 9 de cada 10 propuestas para generar energía, están asociadas al uso de paneles solares. Lo que representa un crecimiento del 32% de julio a noviembre de 2017.

En ese orden de ideas, el país está sufriendo un cambio en el modo de generar energía, lo que redundará en beneficios dentro de los cuales la energía renovable tiene que ser una fuente de energía ilimitada, bajos costos de aprovechamiento, contribuye al desarrollo sostenible, genera empleo, reduce el uso de combustibles fósiles y las importaciones energéticas. No obstante, hay que resaltar que Colombia tiene una de las matrices de generación eléctrica más limpia del mundo,

teniendo en cuenta que la capacidad instalada de generación en el sistema Interconectado Nacional fue de 17312, que corresponde, tal como se observa en la Figura N°1 Matriz Energética de Colombia a 68,4% de generación hidráulica, aproximadamente el 30% a generación térmica (13,3% con gas natural, 7,8% con combustible líquidos y 9,5% con carbón) y aproximadamente el 1% con FNCER (Fuentes no Convencionales de Energía no Renovable (eólica, solar y biomasa)).

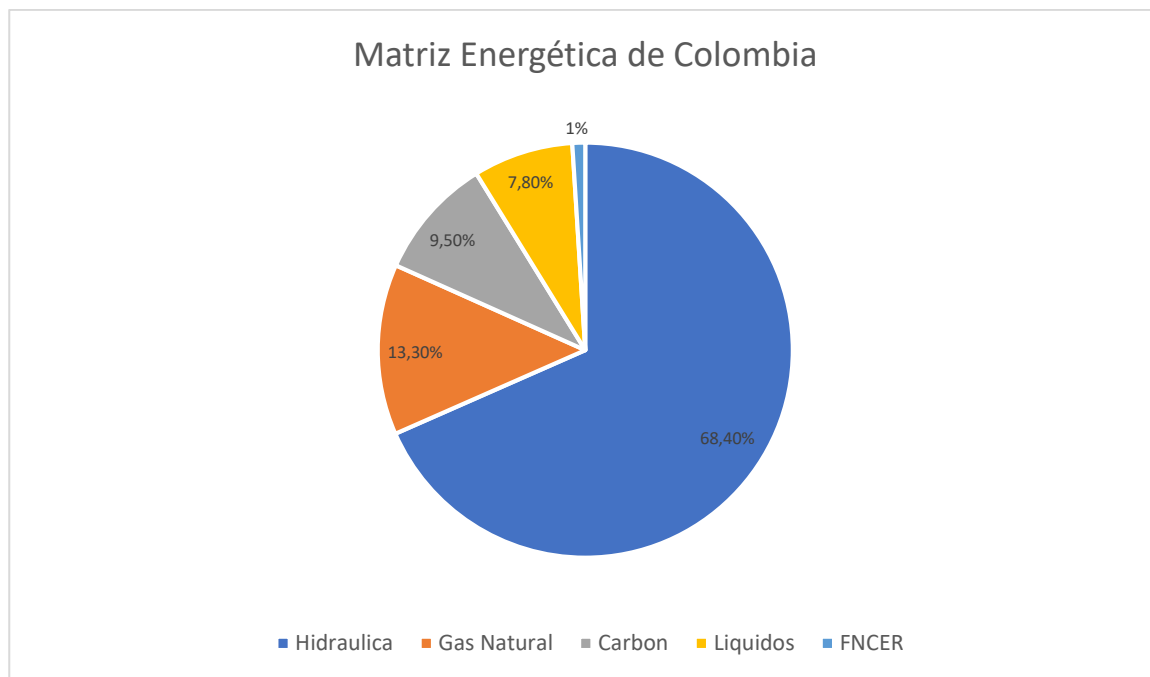


Figura 1. Matriz Energética de Colombia

Adicionalmente a este proceso, se debe tener en cuenta que el calentamiento global que ya es un hecho, que está afectando el clima en todo el planeta y causado en un 90% por la generación de emisiones a la atmósfera de dióxido de carbono CO₂, ha convertido en una necesidad de todos los países, al punto de definir políticas y protocolos de reducción del impacto de las emisiones de

dióxido de carbono a la atmósfera. Si bien es cierto existen otras metodologías para generar la reducción de las emisiones antes mencionadas, no existe una que sea más viable por el monto a invertir y el corto periodo de recuperación de la inversión, lo cual es visto por las empresas con una gran ventaja, sumada al avance de la tecnología que la ha hecho más durable y eficiente a bajos costos de fabricación, lo que permite una disminución de los precios de venta finales de los productos (Paneles, Módulos, Baterías etc.).

3.2 Marco Legal

A la explotación del gas natural se asocian tres etapas que son la producción, el transporte y la distribución. En este trabajo solamente se va a establecer los requisitos legales para el transporte de gas por gasoducto, actividad que está regida por la normatividad emitida por el CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) y el Ministerio de Minas y Energía, en la cual se define la tarifa, la autorización de las obras de mantenimiento e inversión de los gasoductos. En la Tabla 1 Requisitos Legales y Normativos, se resumen aquellas leyes, decretos, normas y demás requisitos legales normativos que se tienen en cuenta para el transporte de gas por gasoducto están los siguientes:

Tabla 1

Requisitos legales y normativos

Nombre	Tema
ASME B.31.8	Código Asme para la Tubería a Presión B.31 Estándar Nacional Estadounidense.

ASME B.31.8S	Código Asme para tubería a Presión, B31 Un Estándar Nacional Estadounidense.
Decreto Ley 142 de 1994. Servicios Públicos	Artículo 176. Cuando la Nación considere necesario podrá, directamente o a través de contratos con terceros, organizar licitaciones a las que pueda presentarse cualquier empresa, pública o privada, nacional o extranjera, cuando se trate de organizar el transporte, la distribución y el suministro de hidrocarburos de propiedad nacional que puedan resultar necesarios para la prestación de los servicios públicos a los que se refiere esta Ley. La comisión de regulación señalará, por vía general, las condiciones de plazo, precio, y participación de usuarios y terceros que deben llenar tales contratos para facilitar la competencia y proteger a los usuarios. Capítulo III. DE LAS COMISIONES DE REGULACION. Artículo 117 La adquisición de la servidumbre. La empresa de servicios públicos que tenga interés en beneficiarse de una servidumbre, para cumplir su objeto, podrá solicitar la imposición de la servidumbre mediante acto administrativo, o promover el proceso de imposición de servidumbre al que se refiere la Ley 56 de 1981.
Resolución CREG 084 de 2000	'Por la cual se incluyen nuevas definiciones a la Resolución CREG-071 de 1999 (RUT)
Resolución CREG 071 de 1999	Reglamento Único de Transporte de Gas RUT.
"CREG161-2017	Por la cual se señala el porcentaje de la contribución que deben pagar las entidades sometidas a la regulación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas en el año 2017, y se dictan otras disposiciones
"CREG166-2017 (Nov/17)"	Por la cual se establecen las medidas transitorias para el proceso úselo o véndalo de largo plazo para capacidad de transporte del año 2017
"CREG162-2017 (Dic/17)"	Por la cual se señala el valor de la contribución que debe pagar a la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG- cada una de las entidades reguladas por el año 2017
CREG163-2017 (Feb/18)"	GAS NATURAL - Protocolo Operativo - Estabilidad Operativa
"CREG 008-2018 (Mar-18)"	por la cual se modifica el numeral 4.5.1.1 del RUT
"CREG033-2018 (Mayo/18)	Por la cual se establecen medidas regulatorias en relación con la definición y aplicación del gasoducto de conexión
CREG050-2018 (Mayo/18)	Por la cual se complementan las especificaciones de calidad para la intercambiabilidad de gases en el Sistema Nacional de Transporte de Gas. Adiciona numeral 1.1 y complementa numeral 6.3 CREG 071 de 1999
'Resolución No. SSPD – 76635 de junio/2018	Por la cual se modifica el Anexo de la Resolución número SSPD 20151300054575 del 18 de diciembre de 2015, donde Se dictan medidas sobre PQR's de Clientes

Nota. Adaptado de (ASME, 2019) (Superintendencia de industria y comercio , 2019) (linea, 2019)

En cuanto a la regulación en la reducción de las emisiones de gas se encuentran, tratados que lo que buscan es la generación de conciencia en los países que los firman para que de este modo se puedan generar políticas internas y se pueda cumplir con las metas establecidas. Teniendo en

cuenta lo anterior se cuenta con los siguientes requisitos legales que se resumen en la Tabla N 2

Requisitos Legales y Normativos Emisiones de Gas:

Tabla 2.

Requisitos Legales y Normativos Emisiones de Gas

Nombre	Tema
LEY 9 DE 1979	Art. 44. Se prohíbe descargar en el aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas que se establezcan al respecto. Art. 49. No se permitirá el uso en el territorio nacional de combustibles que contengan sustancias o aditivos en un grado de concentración tal que las emisiones atmosféricas resultantes sobrepasen los límites fijados al respecto por el Ministerio de Salud.
LEY 1252 DE 2008	Artículo 4°. Prohibición. Queda prohibida la introducción, importación o tráfico de residuos o desechos peligrosos al territorio nacional por parte de cualquier persona natural o jurídica, de carácter público o privado. De igual forma, será prohibida la disposición o recepción final de residuos peligrosos en rellenos sanitarios que no cumplan con la capacidad o condiciones físicas y técnicas adecuadas para tal fin. Artículo 7°. Responsabilidad del generador. El generador será responsable de los residuos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, equipos desmantelados y en desuso, elementos de protección personal utilizados en la manipulación de este tipo de residuos y por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente
RESOLUCIÓN 910 DE 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Artículo 1. Objeto. La presente resolución establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional, y se adoptan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 909 DE 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Artículo 1. Definiciones. Para los fines de la presente Resolución se adoptan las definiciones contenidas en el Anexo 1. Artículo 2. Objeto. La presente resolución establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias. Artículo 3. Ámbito de aplicación. Las disposiciones de la presente resolución se establecen para todas las actividades industriales, los equipos de combustión externa, instalaciones de incineración y hornos crematorios. Artículo 90. Emisiones Fugitivas. Las actividades industriales, de comercio y de servicio que realicen emisiones fugitivas de sustancias contaminantes deben contar con mecanismos de control que garanticen que dichas emisiones no trasciendan más allá de los límites del predio del establecimiento.

**Decreto número 0019 del
10 de enero del 2012**

ANEXO 1. DEFINICIONES: Emisión Fugitiva: Es la emisión ocasional de material contaminante.

Artículo 201. Revisión Periódica DE los Vehículos. El artículo 51 de la Ley 769 de 2002, modificado por el artículo 11 de la Ley 1383 de 2010, quedará así: Artículo 51. Revisión periódica de los vehículos. Salvo lo dispuesto en el artículo siguiente, todos los vehículos automotores, deben someterse anualmente a revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes. Artículo 202. PRIMERA Revisión DE los Vehículos AUTOMOTORES. El artículo 52 de la Ley 769 de 2002, modificado por el artículo 12 de la Ley 1383 de 2010, quedará así: Artículo 52. Primera revisión de los vehículos automotores. Los vehículos nuevos de servicio particular diferentes de motocicletas y similares, se someterán a la primera revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes a partir del sexto (6°) año contado a partir de la fecha de su matrícula. Los vehículos nuevos de servicio público, así como motocicletas y similares, se someterán a la primera revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes al cumplir dos (2) años contados a partir de su fecha de matrícula.

Nota: Adaptado de (Minambiente, 2019) (Minambiente , 2019)

Adicionalmente en Colombia existe legislación para la instalación de energía fotovoltaica la cual es regulada por UPME en integración con la CREG. El Sector Eléctrico Colombiano (SEC) actualmente cuenta con toda clase de oportunidades e incentivos tributarios para la implementación de energía solar, el cual resalta el buen camino que sigue Colombia en cuanto a implementación de energías limpias. El marco regulatorio en el país está prácticamente listo, pues solo faltaba la reglamentación de algunos aspectos de la autogeneración a pequeña escala por parte de la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas).

Sin embargo, generar un escenario favorable no ha sido del todo fácil. Desde inicios de la década del 90, con la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991, el Gobierno Nacional impulsó la investigación en el uso racional de la energía a través de Colciencias. Desde entonces se han presentado una serie de leyes y políticas energéticas con el objetivo de generar estrategias para mejorar las condiciones de abastecimiento y disponibilidad de la energía eléctrica de carácter renovable. En gran medida, la Ley 1715 de 2014 fortaleció esfuerzos que se habían estancado en

años anteriores para incentivar la apropiación de la energía fotovoltaica pues concede ahora grandes beneficios a las personas naturales o jurídicas que fomenten 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), entre los cuales se encuentra la energía solar.

3.3 Método del Proyecto

Para cumplir con los objetivos de la monografía es necesario realizar un estudio de la huella de carbono, escogiendo una metodología que nos permita identificar la cantidad de toneladas de CO₂, que se dejarían de emitir por la instalación de energía solar en una empresa transportadora de gas. Entonces para el cálculo de las emisiones es necesario seguir los siguientes pasos:

- Identificación de fuentes.
- Selección del método de cálculo de las emisiones de CO₂
- Recolección de datos y selección de factores de emisiones.
- Aplicar Herramientas de Cálculo

3.3.1 Identificación de las Fuentes de Emisión. Una organización puede estar compuesta por una o más instalaciones y las emisiones de CO₂, pueden producirse a partir de una o más fuentes.

Es por esta razón que es necesario conocer que existen tres tipos de alcance y cada uno va relacionado con actividades directas e indirectas de la empresa.

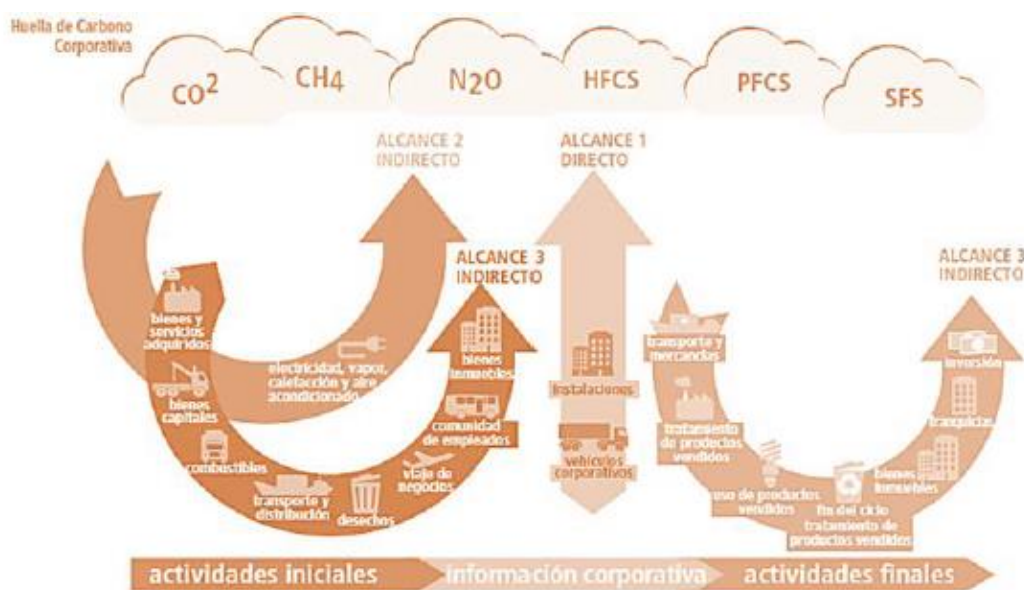


Figura 2. Huella de carbono comparativa (CEL CIA, 2019)

Las fuentes de emisiones se clasifican en tres alcances de la siguiente forma:

- **ALCANCE 1:** Se refiere a las emisiones de GEI directas generadas por fuentes fijas; procesos físicos o químicos; combustión en fuentes móviles; emisiones fugitivas, producción de metano por manejo de residuos orgánicos, y extracción, procesamiento y distribución de combustibles.
- **ALCANCE 2:** Se refiere a las emisiones indirectas debido a la generación de electricidad consumida y comprada por la empresa.
- **ALCANCE 3:** Son otras emisiones indirectas no contempladas en el Alcance 2 como la extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos; actividades de transporte, activos o servicios prestados por terceros, el uso de los productos y servicios de la empresa; y disposición de residuos.

Es importante tener en cuenta que para el manejo de los Inventarios Gases de Efecto Invernadero

(GEI), el alcance 1 y 2 es de reporte obligatorio por parte de las organizaciones, mientras que el alcance 3 es opcional.

3.3.2 Selección del método a cálculo de las emisiones de CO₂. No es muy común realizar la medición mediante un método directo, sin embargo, es común tratar de cuantificar las emisiones y poder determinar en donde se puede mejorar. La metodología de cuantificación se desarrolló atendiendo a los lineamientos metodológicos descritos en el “Estándar corporativo de contabilidad y reporte – GHG PROTOCOL” (**Ranganathan, 2004**), desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD); y la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14064-1:2006. El informe tiene en cuenta los lineamientos metodológicos establecidos en el Acuerdo entre el Proyecto MVC, La Corporación Ambiental Empresarial CAEM y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC.

3.3.3 Recolección de datos y Selección de Factores de Emisiones. Los datos utilizados para el cálculo de los consumos de energía de la compañía hacen parte del alcance 2. En este alcance se registran las emisiones indirectas asociadas a la generación de la electricidad, teniendo en cuenta el caso específico de la empresa de gas a evaluar que para esta investigación es la empresa Promioriente. Los consumos de electricidad que se dan en el desarrollo de los diferentes procesos, en la operación de equipos y máquinas, el consumo de electricidad de las instalaciones operativas y administrativas de empresa.

3.3.4 Aplicar Herramientas de Cálculo. Con el fin de obtener resultados que minimicen la incertidumbre, y proporcionen resultados exactos, coherentes y reproducibles, se realizó el cálculo de las emisiones empleando la metodología que relaciona datos de la actividad con factores de emisión. La fórmula general usada para el cálculo de las emisiones indirectas de alcance 2 es:

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{Carga ambiental} \times \text{Factor de emisión} \times \text{Potencial de calentamiento global}$$

Estos factores de emisión siguen los lineamientos metodológicos del “ESTANDAR CORPORATIVO DE CONTABILIDAD Y REPORTE – GHG PROTOCOL”, desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD) y para reportar las estimaciones de emisiones se realizó según las directrices de la norma ISO 14064-1:2006.

Todos los factores de emisión usados derivan de un origen reconocido, son apropiados para las fuentes, están actualizados, permiten obtener resultados exactos y reproducibles y son coherentes con el uso previsto de este inventario.

A continuación, en la Tabla N 3 Factor de Emisión, se hace un resumen de los factores de emisión empleados:

Tabla 3

Factor de emisión

Carga Ambiental	Factor de emisión	Unidad	Fuente Bibliográfica
Energía Eléctrica	0,199	Kg CO2/kWh	Factor Emisión UPME, 2014

4. Resultados

PROMIORIENTE es una empresa del Grupo Promigas, que participa en el transporte de gas natural por medio de dos sistemas que forman parte del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural, Gasoducto Barrancabermeja-Payoa-Bucaramanga y Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga, los cuales atraviesan los municipios de Toledo, Labateca, Chitagá y Silos en el departamento de Norte de Santander y Tona, Piedecuesta, Floridablanca, Girón, Lebrija, Sabana de Torres, Puerto Wilches y Barrancabermeja en el departamento de Santander. Ver Figura 3 Sistema General de Transporte de Promioriente.

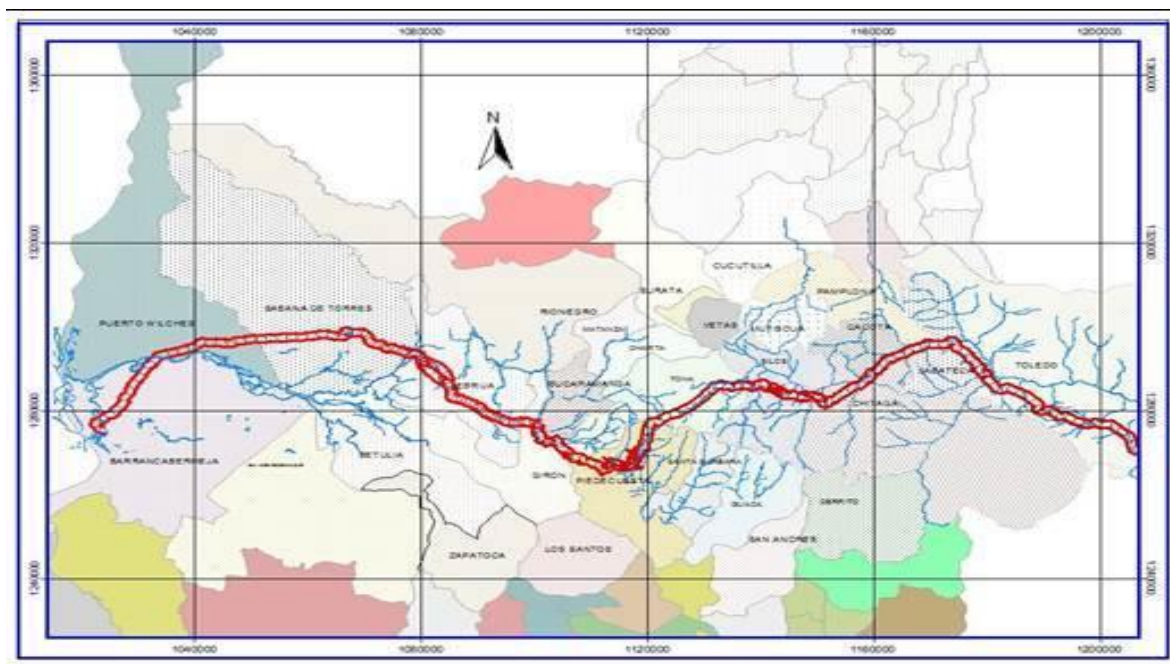


Figura 3. Sistema general de transporte de Promioriente

El cambio climático es uno de los retos más importantes, que afronta la humanidad en la actualidad desde el punto de vista ambiental. Este impacto ambiental a su vez tiene repercusiones desde el punto de vista económico y social en comunidades y en cualquier tipo de organización.

Una de las medidas más importantes en este contexto, es la determinación de las contribuciones de gases de efecto invernadero (GEI); que generan el llamado cambio climático en el mundo a través de fenómenos naturales tales como, la Niña y el Niño (temporadas prolongadas de intensos veranos o lluvias), que afectan la geografía de las regiones de manera negativa y en los cuales la empresa invierte gran cantidad de dinero en obras de geotecnia (3.500MM de pesos). Por esta razón, se debe iniciar en las compañías el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa, como un primer paso para iniciar procesos de gestión asociados y determinar las emisiones contaminantes, que genera cada una de las actividades de la compañía. Dentro de esta medición se encuentran las definidas como Alcance 2, que se genera por el consumo de energía, el cual, si bien no es significativa, debería ser el primer paso por dar por las compañías, para empezar a reducir las emisiones contaminantes. Esto generado en principio por el avance de las tecnologías en la generación de energía renovable, que han hecho que los costos sean muy bajos y sean mitigados por los beneficios tributarios definidos en las leyes antes mencionadas.

Es así como realizando un inventario de las actividades y el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono, incluyen solamente el alcance 2 considerados por el GHG Protocol y la ISO 14064-1:2006 (véase Figura N° 3), relacionados con las emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad.

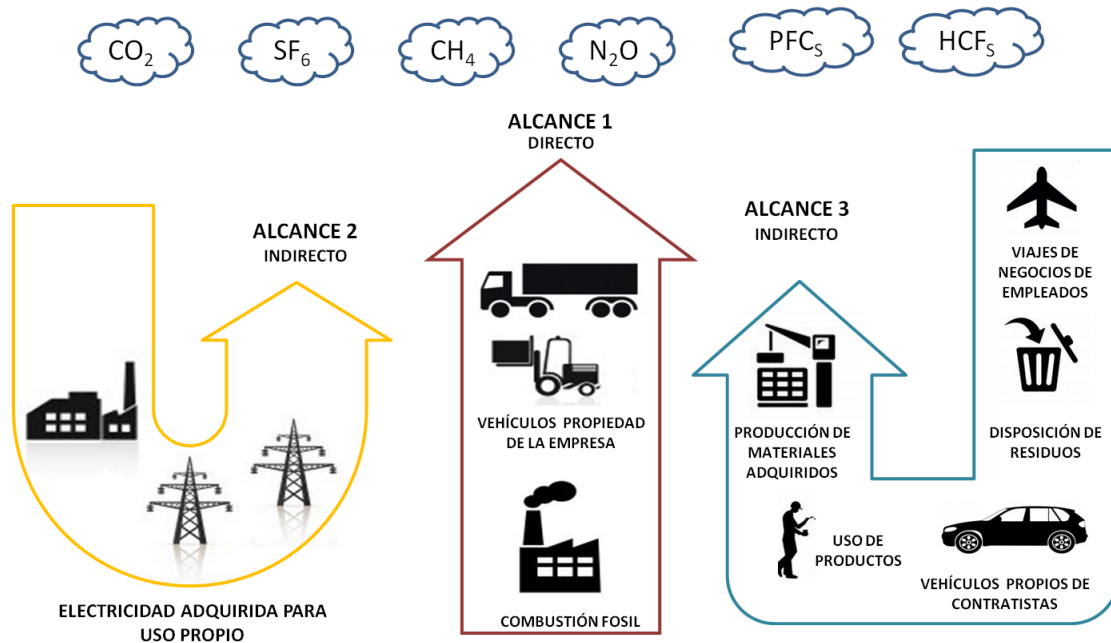


Figura 4. Alcances GHG Protocolo y la ISO 14064-1:2006.

. En la tabla 4 se identifican las principales fuentes de la organización que generan emisiones indirectas de GEI de alcance 2:

Tabla 4.

Energía Consumida

Fuente	GEI generado
Energía consumida por equipos administrativos, y equipos que permiten mantenimiento del Sistema de Gasoductos.	CO2

Paso seguido después de realizar la identificación y recolección de la información, se hizo el cálculo de las emisiones GEI, asociadas al alcance 2 de la organización, obteniendo los siguientes resultados tal como se puede observar en la siguiente Tabla N° 5 Emisiones Consumo de Energía:

Tabla 5.

Emisiones Consumo de Energía

ALCANCE 2						
CONSUMO			CONSUMO		HUELLA DE	INCERTIDUMBRE DE LA
	AÑO	FACTOR DE EMISION USADO	UNIDAD	CANTIDAD	CARBONO (Ton CO ₂ e)	FUENTE
Consumo de energía eléctrica	2015	0.20 kgCO ₂ e/KWh	kWh	170.707	33,97	+/- 11%
	2016	0.20 kgCO ₂ e/KWh	kWh	145.185	28,89	+/- 11%
	2017	0.20 kgCO ₂ e/KWh	kWh	136.414	27,15	+/- 11%
	2018	0.20 kgCO ₂ e/KWh	kWh	137.745	27,41	+/- 11%

El total de emisiones de dióxido de carbono que se dejarían de emitir a la atmósfera, en los 5 años que se definieron para el estudio, sería de 117,42 ton CO₂e, con un rango de incertidumbre de +/-11%, de acuerdo con la orientación de GHG Protocol. Entonces, se tendría que el total de emisiones generadas por el consumo de energía correspondería a un 10% de las emisiones totales de la compañía y representaría un costo de \$ 10.542.313, teniendo en cuenta que el precio de la tonelada actualmente se encuentra en 25 Euros y podría llegar a subir a 100 Euros para el 2020.

Teniendo en cuenta las implicaciones y consecuencias que puede ocasionar el cambio climático y los altos costos generados por la demanda de energía eléctrica, en el sector industrial al que pertenecen las empresas del Grupo Promigas (tarifas que oscilan entre 480 y 530 \$/KW-h), que en promedio representan un costo anual de \$1.500 millones de pesos, hacen viable pensar en un mecanismo de autogeneración de energía es viable debido al consumo anual que se resume en la Tabla N° 6 Consumo de Energía Eléctrica de las Empresas del Grupo Promigas.

Tabla 6.

Consumo de Energía Eléctrica de las Empresas del Grupo Promigas año 2016.

Empresa	Consumo (KW-h)	anual
Promioriente SA	145.185	
ESP		
Transmetano SA	174.714	
ESP		
Transoccidente SA	202.752	
ESP		
Promigas SA ESP	3.453.014	
Total	3.975.665	

Este consumo de energía proveniente en parte de fuentes no renovables, generan un gran impacto ambiental que representa anualmente emisiones de 770 Ton CO₂ al medio ambiente, provocando el aumento de la temperatura ambiental y acrecentando el efecto invernadero. Si a esto le sumamos, la condición de que Colombia genera el 68,4 % de su energía eléctrica con base en el agua, pareciera a simple vista que es un gran privilegio, no obstante, es riesgoso, ya que se puede repetir lo sucedido en la crisis energética de los años 90, que obligó al gobierno colombiano

a sofisticar el sistema eléctrico, para asegurarse de que el clima no amenazara su estabilidad. Si hoy nuestra matriz no tuviera el entramado de incentivos que le permiten operar en situaciones adversas, la presión de la sequía e incluso las etapas del exceso de lluvias, las condiciones cíclicas y extremas provocadas por el cambio climático, tendrían la economía en jaque. Esta condición da relevancia a una solución alterna de generación de energía eléctrica.

Las fuentes de energía no convencionales y de carácter renovable como lo son la eólica, solar, biomasa, mareomotriz, etc, son una alternativa para la mitigación de la actual situación. En este proyecto, por lo tanto, se enfoca en la generación de energía eléctrica mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos, iniciando con una prueba piloto en la Estación Palenque, propiedad de Promioriente, ubicada en la ciudad de Bucaramanga, con el objeto de hacerlo extensivo a las demás empresas del grupo Promigas, considerándose una opción prometedora debido a las siguientes consideraciones:

1. Aunque requieren de una inversión inicial importante, el tiempo de recuperación de la inversión de este tipo de proyectos, es de aproximadamente 5 años, únicamente considerando el ahorro que se pueda generar al ser autogeneradores de la energía de consumo interno, sin cuantificar las ganancias que se pueden obtener al comercializar energía eléctrica, los beneficios tributarios y de impuestos que reducirían considerablemente este tiempo de retorno de la inversión, tal como se puede observar en la Figura 5.

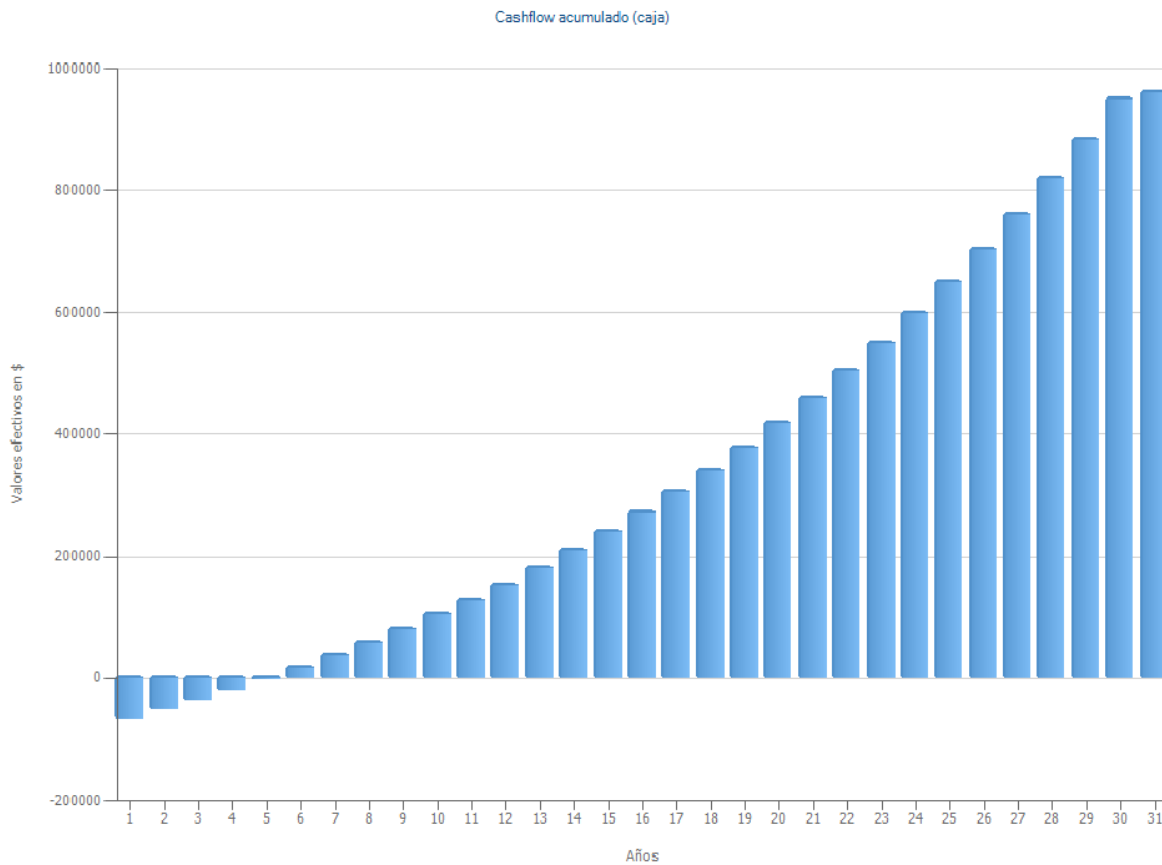


Figura 5. Flujo de Caja para Vida útil de 30 años.

Tal como se observa en la Figura 5. Flujo de Caja para Vida Útil de 30 años, la inversión inicial de \$80.640, se recuperan en los primeros 5 años de funcionamiento del Sistema Fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de operación fijos que son de \$1.209 y la remuneración de la energía que se encuentra entre \$15.219 y \$18.804 tal como se observa en la Tabla N° 7 Flujo de Caja de los primeros 5 años.

Tabla 7.*Flujo de Caja de los primeros 5 años*

Tabla de flujo de caja					
Posición	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Inversiones	-\$80.640,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Costes de operación	-\$1.209,60	-\$1.209,60	-\$1.209,60	-\$1.209,60	-\$1.209,60
Remuneración por energía inyectada en la red	\$15.129,71	\$16.079,88	\$16.942,12	\$17.849,54	\$18.804,45
Flujo de caja anual	-\$66.719,89	\$14.870,28	\$15.732,52	\$16.639,94	\$17.594,85
Cashflow acumulado (caja)	-\$66.719,89	-\$51.849,61	-\$36.117,09	-\$19.477,16	-\$1.882,31

2. Los datos que se tuvieron en cuenta para esta simulación consideran un área disponible en Planta Palenque de 294 m² que corresponden a los techos de la zona de almacén y taller, una potencia de generación de **50.4 kWp** con **180** módulos de **280 W** cada uno, fabricados por Perligth Solar. Los datos han sido calculados mediante un modelo matemático de la empresa **Valentin Software GmbH** (algoritmos PV*SOL) y se muestran en la Tabla 1.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado y el resultado el Flujo de Caja de los Primeros 5 años se pronostican los siguientes resultados:

Tabla 8.*Resumen del Proyecto de Paneles Planta Palenque*

Proyecto	SFV DE 50,4 Kw
Cliente	PROMIORIENTE
Consumo medido sin FV	75,204 Kwh/año

Consumo medido con FV	7,445 Kwh/año
Ahorro anual estimado	US\$ 140906,98
Inversión	US\$ 80640
Retorno de la inversión	5.1 años
Garantía	25 años

3. El sistema podría tener una rentabilidad del **22,81%** y se puede estimar que se reducirían **40,6 Ton de CO2** emitidas al medio ambiente, por la estación Palenque de Promioriente.
4. El proceso de instalación, puesta en marcha y mantenimiento del sistema es ágil y sencillo, requiriendo recursos mínimos estimados de US\$1.200. Sin embargo, este recurso ya está estipulado dentro del flujo de caja cómo se puede observar en la tabla 7.
5. En los últimos años el desarrollo tecnológico, ha permitido que los sistemas de generación solar tengan un avance tal, que se pueda contar con herramientas que capturan hasta un 30% de la energía solar diaria, 120 veces más energía que el mejor cereal y 10 veces más que la caña de azúcar (El mundo, 2019). Todo esto, con una relación costo - beneficio, más favorable para su implementación.
6. Debido al gran avance y competencia tecnológica, que se ha llevado en este campo, los costos asociados a esta tecnología han tendido a bajar considerablemente en los últimos años y esto se ve evidenciado en China, cuyo crecimiento en instalación de celdas fotovoltaicas, refleja el abrupto descenso de costos de la energía de este tipo, que

actualmente comienza a ser una opción más barata que otras fuentes de energía, tanto a precios minoristas como comerciales. Fuentes del gobierno chino han afirmado que la generación de energía fotovoltaica presentará precios más competitivos que la generada con carbón y el gas natural (aportando además una mayor independencia energética)².

7. El caso de éxito se ve reflejado en Europa que ha roto el techo de los 100 GW-h de energía solar, «El viejo continente es la primera región en el mundo que alcanza esa cifra», recalca James Watson, director ejecutivo de SolarPower Europe. «Ninguna otra tecnología ha crecido tan rápido. Europa ha marcado el camino, pero Asia viene pisando muy fuerte y recogerá pronto el testigo». Watson prevé que el paso se producirá en el 2030 con una política favorable y cree firmemente que en 2040 la energía solar, será la principal fuente global de energía. (Wikipedia, 2019) Ver Figura N ° 5 Evolución de la Energía Solar en los Países Europeos.
8. Otro caso de éxito se ve reflejado en China que cuenta con más de 400 empresas solares, entre las que se destacan Trina Solar y Yingli. Desde 2013, China se ha convertido en el mayor instalador de energía solar fotovoltaica, logrando una capacidad instalada total de 36 GWh en junio de 2015.

Dan confiabilidad a la instalación eléctrica, en la medida en que las fallas eléctricas de la red de distribución conllevan a inconvenientes sobre las instalaciones eléctricas internas y fallas que han acarreado costos importantes que se eliminarían usando este tipo de energías renovables. Figura N ° 5 Evolución de la Energía Solar en los Países Europeos.

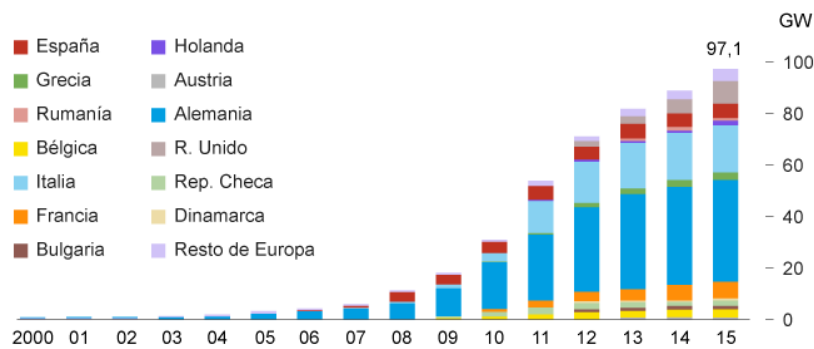


Figura 6. Evolución de la Energía Solar en los Países Europeos. (UNEF, 2019)

En el ámbito legal y de regulación, actualmente las energías fotovoltaicas, está en proceso de definición tarifaria, para reconocer el pago de la energía eléctrica generada por terceros. Esta labor está en manos de la CREG a través del decreto 1715 de 2014 que se espera se defina en septiembre de 2019. No obstante, la idea es ser pioneros en la implementación de estas energías renovables, dado que, en Colombia, aún se desconocen estas tecnologías a nivel empresarial.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, la generación energética renovable es una opción viable, eficiente y coherente con las nuevas políticas del país, convirtiéndose en el eje de cumplimiento de los compromisos de Colombia para la COP21 y una oportunidad de la creación de una nueva unidad de negocios, a partir de la implementación de este tipo de tecnologías en las diferentes regiones del país.

4.1 Diseño Inicial del Sistema Fotovoltaico

El desarrollo de esta iniciativa encaminada a la autosuficiencia energética sostenible se plantea inicialmente para desarrollarse como prueba piloto, para suplir el consumo interno de la Estación Palenque, ubicada en la ciudad de Bucaramanga, propiedad de la infraestructura de gas natural de Promioriente SA ESP, bajo el siguiente esquema general:

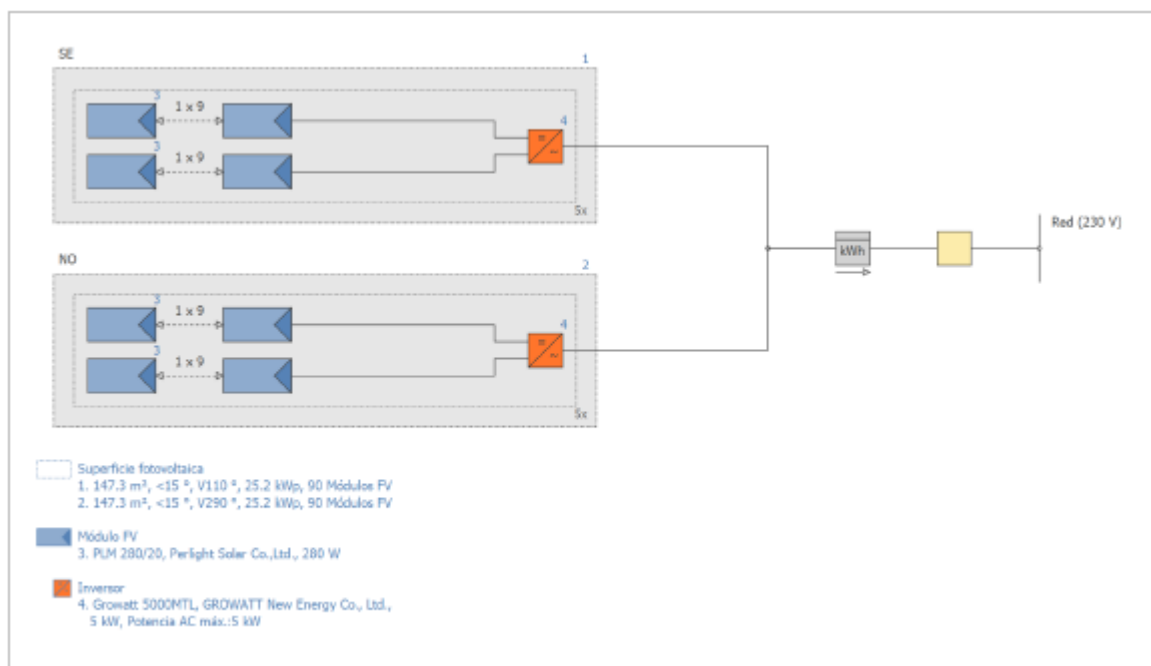


Figura 7. Esquema Definido para el Sistema Fotovoltaico de la Estación Palenque.

En el esquema que definido en la Figura N ° 7 Esquema Definido para el Sistema Fotovoltaico de la Estación Palenque, dos módulos de 90 paneles cada uno, que estarían ubicados sobre el techo de almacén y taller de la Planta Palenque, teniendo en cuenta que uno de los módulos debe ubicarse en dirección Sureste y el otro módulo en dirección Noroccidente. Cada módulo cuenta con un grupo de inversores para la potencia instalada, un contador de inyección y la conexión al centro de distribución principal. El tipo de paneles son marca Perligh Solar Co de 280 Vatios, escogidos por la poca pérdida de eficiencia, que podrían estar alrededor de 20% en 20 años.

Todos los equipos utilizados en este proyecto se benefician de los incentivos tributarios que brinda la Ley 1715 del 2014 que incluye lo siguiente:

1. Exclusión del IVA en la compra de los equipos a usar

2. Extensión de Aranceles
3. Depreciación acelerada de los equipos
4. Deducción del impuesto de renta.

5. Conclusiones

Es necesario reducir las emisiones de dióxido de carbono debido a los efectos globales (Calentamiento Global) y las repercusiones de este en el cambio climático que sufren algunas regiones del país, a su vez, se ven reflejadas en altos costos de mitigación del riesgo geotécnico debido al control de fenómenos naturales como crecientes ríos, deslizamientos de tierra, etc. Adicionalmente con implementación de los paneles solares en la compañía se tiene una disminución de 770 Ton CO₂, en todo el grupo de empresas de Promigas, el cual se puede realizar por medio de la instalación de paneles solares que inicialmente requieren un inversión, con un tiempo de recuperación aproximadamente de 5 años, únicamente considerando el ahorro que se pueda generar al ser autogeneradores de la energía de consumo interno, sin cuantificar las ganancias que se pueden obtener al comercializar energía eléctrica, los beneficios tributarios y de impuestos que reducirían considerablemente este tiempo de retorno de la inversión.

El sistema propuesto para la Estación Palenque de Promioriente, podría tener una rentabilidad del **22,81%** y se puede estimar que se reducirían **40,6 Ton de CO₂** emitidas al medio ambiente por año.

El proceso de instalación, puesta en marcha y mantenimiento del sistema es ágil y sencillo, con un mantenimiento mínimo (valor estimado de US\$1.200). Sin embargo, este recurso ya está estipulado dentro del flujo de caja, definido en el proyecto.

En los últimos años el desarrollo tecnológico, ha permitido que los sistemas de generación solar tengan un avance tal, que se pueda contar con herramientas que capturan hasta un 30% de la energía solar diaria, 120 veces más energía que el mejor cereal y 10 veces más que la caña de azúcar³. Todo esto, con una relación costo - beneficio, más favorable para su implementación.

Los equipos para la implementación de sistema de energía renovable fotovoltaico están libres IVA, extensiones de aranceles y deducción del impuesto de renta, definido decreto 1715. No obstante, la idea es ser pioneros en la implementación de estas energías renovables, dado que en Colombia, aún se desconocen estas tecnologías a nivel empresarial y la generación de energética renovable es una opción viable, eficiente y coherente con las nuevas políticas del país, convirtiéndose en el eje de cumplimiento de los compromisos de Colombia para la COP21 y una oportunidad de la creación de una nueva unidad de negocios, a partir de la implementación de este tipo de tecnologías en las diferentes regiones del país.

Se debe revisar al detalle la ubicación del sistema dentro de la Planta Palenque, instalación donde tiene planeado empezar con la implementación del Sistema Fotovoltaico propuesto en este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- ASME. (28 de Enero de 2019). Obtenido de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/asme.b31.8.2003.pdf>
- CELCIA. (25 de Enero de 2019). *celsia.com*. Obtenido de <https://www.celsia.com/Portals/0/contenidos-celsia/sostenibilidad/pdf/gaia-inf-d1-050-16-inventario-GEI-2015-celsia-centroamerica.pdf>
- El mundo. (20 de Abril de 2019). <https://www.elmundo.es/>. Obtenido de <https://www.elmundo.es/blogs/elmundo/elporquedelascosas/2014/04/13/por-que-la-energia-solar-es-la-solucion.html>
- linea, G. e. (28 de Enero de 2019). <http://apolo.creg.gov.co/creg.nsf/normas?OpenFrameSet>. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2000-CREG084-2000>
- Minambiente . (10 de Febrero de 2019). Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Leyes_/ley_1252_271108.pdf
- Minambiente. (10 de Febrero de 2019). <http://www.minambiente.gov.co>. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>
- Minhacienda. (10 de Febrero de 2019). <http://www.minhacienda.gov.co>. Obtenido de http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/faces/normativa2018/Resoluciones1/Resoluciones2018;jsessionid=xBhG7gG1QssNq6Kfle9qpqwLpv7wRFR6C4HQ_0R47iYogKcXswgA!1917821580?_adf.ctrl-

state=2xerz8n2l_4&_afrLoop=1806810714894196&_afrWindowMode=0&_afrWindowI
d

Ranganathan, J. (2004). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero: Estandar Corporative de Contabilidad y Reporte*. Mexico.

Superintendencia de industria y comercio . (28 de Enero de 2019). www.sic.gov.co. Obtenido de http://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/Ley_142_1994.pdf

UNEF. (25 de Abril de 2019). <https://unef.es>. Obtenido de <https://unef.es/2017/05/prioridades-ante-los-desafios-y-oportunidades-para-la-fotovoltaica-y-el-autoconsumo-en-extremadura/>

Wikipedia . (25 de Enero de 2019). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Emisiones_de_di%C3%B3xido_de_carbono

Wikipedia . (26 de Enero de 2019). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_clim%C3%A1tico

Wikipedia. (20 de Abril de 2019). <https://es.wikipedia.org>. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_China