

**UNIVERSIDAD EAN**

**VIABILIDAD DEL MODELO FINANCIERO PARA DETERMINAR LA TARIFA DE ENERGÍA  
DE UNA SOLUCIÓN FOTOVOLTAICA CON INVERSIÓN EXTERNA  
ESPECIALIZACIÓN EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

**OSCAR BELTRÁN BELTRÁN**

**HENRY JOEL CASTILLO**

**JONATHAN CAMILO VARGAS**

**DANIEL ESTEBAN PATRÓN**

**PAOLA ANDREA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

**PABLO CÉSAR OCAMPO**

**BOGOTÁ, 2020**

## Tabla de contenido

<i>Tabla de ilustraciones</i> .....	3
<i>Resumen</i> .....	5
<i>Objetivo general</i> .....	6
<i>Objetivos específicos</i> .....	6
<i>Justificación</i> .....	6
<i>Antecedentes del problema</i> .....	8
<i>Descripción del problema</i> .....	9
<i>Marco Teórico</i> .....	10
Energías renovables .....	10
Leyes de incentivación tributaria .....	11
Energía Solar.....	11
Fotovoltaicos.....	12
<i>Definición de Variables</i> .....	12
<i>Definición conceptual</i> .....	13
Energía Solar Fotovoltaica .....	13
Kilovatio (kW) .....	13
Tarifa de energía:.....	14
Contrato PPA (Power Purchase Agreement) .....	14
Niveles de Tensión de Energía .....	15
Evaluación Financiera.....	15
TIR (Tasa Interna de Retorno).....	15
Beneficios tributarias energías renovables.....	16
Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).....	17
Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).....	18
Fuentes convencionales de energía.....	18
Eficiencia Energética.....	18

Generadores de energía a partir de FNCE. ....	18
Nuevas inversiones en proyectos de FNCE.....	19
Nuevos proyectos de FNCE.....	19
Medición y evaluación de los recursos para la producción y utilización de energía a partir de FNCE	19
Etapas de proyectos de FNCE o gestión eficiente de la energía. ....	19
<i>Definición operacional</i> .....	20
<i>Población y Muestra</i> .....	21
<i>Metodología particular o de segundo nivel</i> .....	22
<i>Encuesta</i> .....	23
<i>Resultados</i> .....	36
Estructuración del Modelo Financiero .....	36
Inclusión Inversionista en el Modelo Financiero:.....	39
<i>Lista de referencias</i> .....	42

### Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Determinación tarifa (Costo servicio) Res. CREG 119 de 2007.....	14
Ilustración 2. Fuente: Elaboración propia a partir de la Cartilla Invierta y Gane con Energía - Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.....	17
Ilustración 3. Fuente: Metodología de la investigación (Hernandez, Collado & Lucio 2003) Elaboración propia. ....	21
Ilustración 4. Calculo de la muestra. Desarrollo propio. ....	22
Ilustración 5. Pregunta 1, elaboración propia.....	23
Ilustración 6. Pregunta 2, elaboración propia.....	24
Ilustración 7. Pregunta 3, elaboración propia.....	25
Ilustración 8. Pregunta 4, elaboración propia.....	25
Ilustración 9. Pregunta 5, elaboración propia.....	26
Ilustración 10. Pregunta 6, elaboración propia.....	27
Ilustración 11. Pregunta 7, elaboración propia.....	27
Ilustración 12. Pregunta 8, elaboración propia.....	28
Ilustración 13. Pregunta 9, elaboración propia.....	29
Ilustración 14. Pregunta 10, elaboración propia. ....	30
Ilustración 15. Pregunta 11, elaboración propia. ....	30
Ilustración 16. Pregunta 12, elaboración propia. ....	31

Ilustración 17. Pregunta 13, elaboración propia. ....	32
Ilustración 18. Pregunta 14, elaboración propia. ....	32
Ilustración 19. Pregunta 15, elaboración propia. ....	33
Ilustración 20. Pregunta 16, elaboración propia. ....	34
Ilustración 21. Pregunta 17, elaboración propia. ....	34
Ilustración 22. Pregunta 18, elaboración propia. ....	35
Ilustración 23. Elaboración propia .....	36
Ilustración 24. Elaboración propia .....	36
Ilustración 25. Elaboración propia .....	37
Ilustración 26. Elaboración propia .....	37
Ilustración 27. Fuente: Politécnica. Instituto de Energía Solar (2018) .....	38
Ilustración 28. Información tomada de Tarifas de energía Enel-Codensa .....	39
Ilustración 29. Elaboración propia. ....	40
Ilustración 30. Costo de energía Vs Autogeneración. Elaboración propia .....	41

## Resumen

Este documento analiza la viabilidad de un modelo financiero que permita implementar un contrato de PPA (*Power Purchase Agreement*) a clientes empresariales industriales en la ciudad de Bogotá, contando con una inversión externa, buscando cumplir con los márgenes y rentabilidad mínima requerida por el inversionista y la empresa que preste el servicio. Todo esto a través de un modelo financiero en el que se permita contar con CAPEX por parte de un inversionista.

Durante el desarrollo de este estudio se recoge información preliminar para determinar la cantidad de empresas que estarían interesadas en la instalación e implementación de energías sustentables con una tarifa diferencial y más competitiva con relación a la que tienen en la actualidad a través del suministro de energía de la red. Se determinará cual es el valor de la tarifa de suministro del servicio, así como los beneficios que la implementación de una Planta de Autogeneración Fotovoltaica traería a las empresas; y la rentabilidad que tendrían los inversionistas del proyecto.

Esta investigación de desarrollará bajo el modelo cualitativo, que se basa en la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de la investigación. La población seleccionada son todas las empresas de la ciudad de Bogotá; la muestra que se determinó fue de cincuenta (50) empresas con un tipo de muestreo no probabilístico discrecional o por juicio, en el cual el investigador selecciona los individuos a través de su criterio profesional.

El método de investigación utilizado para este trabajo fue el modelo “hipotético-deductivo”, que se basa en la formulación de una hipótesis inferida por principios o por datos empíricos, y a partir de esta, se siguen las reglas de deducción para comprobar la veracidad de la hipótesis.

*Palabras clave: energía renovable, generación fotovoltaica, energía solar, evaluación financiera, cambio climático, incentivos tributarios.*

## Objetivo general

Analizar la viabilidad del modelo financiero que permita brindar a clientes empresariales de la ciudad de Bogotá, soluciones de autogeneración fotovoltaica para suplir sus necesidades de energía eléctrica garantizando un margen de rentabilidad para el inversionista y la empresa que presta la solución.

## Objetivos específicos

- Establecer el tipo de modelo financiero que permita aprovechar los beneficios tributarios establecidos por el gobierno colombiano, que brinde un margen y una rentabilidad mínima esperada para la empresa que presta la solución y el inversionista.
- Determinar un valor de tarifa de energía que permita la implementación de una solución fotovoltaica.
- Analizar si la tarifa encontrada es competitiva en un segmento empresarial.
- Calcular si los márgenes que arroja el modelo cumplen con las expectativas de la compañía y de los inversionistas.

## Justificación

El crecimiento de la población mundial y el crecimiento de las economías emergentes ha causado una transformación en el uso de la energía tanto en las industrias como en las comunidades. Las actividades naturales de la sociedad y las grandes industrias demandan un uso intensivo de energía, que a su vez genera un crecimiento exponencial del consumo de petróleo y demás energías fósiles. (Castro, 2011).

Según el BID en su informe “Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe” publicado en el año 2016, el uso total de energía en América Latina se ha más que triplicado en los últimos cuarenta años, pasando de 248 millones de toneladas de equivalente de petróleo en el año 1971 a unas 848 toneladas para el año 2013. Este mismo informe deja en evidencia que el uso de combustibles fósiles en los países LAC (América Latina y el Caribe, por sus siglas en inglés), es la fuente primaria de energía, representando, para el año 2013 el 74.4%, mientras que las fuentes renovables de energía apenas representan el 1%. (BID, 2016).

Las industrias, junto con el transporte son los mayores demandantes de energía eléctrica en los países LAC, utilizando el 67,5% del total de la energía consumida en la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016). Es por esto que la medida que se plantea en esta investigación busca encontrar una solución económicamente viable y ambientalmente más sostenible que ayude a las empresas a reducir sus costos energéticos y a disminuir su huella de carbono. Según el BID el consumo de energía aumento en un 5,4% anualmente desde 1971 alcanzando un consumo de 1333 TWh (Teravatio-hora), debido al crecimiento económico relativamente constante, la rápida urbanización y el crecimiento de la clase media.

Este panorama nos lleva a buscar soluciones que permitan tener una matriz eléctrica en Colombia más limpia; un matriz que no dependa de la producción de energías a base de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y que puedan ayudar a satisfacer la demanda que tendrá el país de energía eléctrica que, según el Banco Interamericano de Desarrollo, en el informe anteriormente citado, tendrá un crecimiento de demanda energética de 110% para el año 2040 y será junto con Chile de los países de mayor necesidad energética. Y es que en la actualidad el mundo se encuentra en un periodo de crisis energética en donde las materias primas de los combustibles fósiles se encuentran en decadencia, mientras que la demanda de energía como lo indica el BID no deja de aumentar. Las naciones Unidas, basadas en informes científicos, hablan de la urgente necesidad de abordar un desarrollo sostenible del planeta. (Murcia, 2008).

La energía solar es una fuente inagotable y renovable; pero su utilización depende de varios factores que no pueden ser controlados, pero que con los correctos almacenamientos y procesos podría asegurar energía para diferentes grupos de usuarios;

“La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad. Las aplicaciones más difundidas en Colombia son el calentamiento de agua (para uso doméstico, industrial y recreacional) y la generación de electricidad a pequeña escala. (Murcia, 2008).

En este trabajo se investigará y analizará la viabilidad técnica/económica de la implementación de energía fotovoltaicas en la industria, a partir de un modelo económico que garantice un costo más bajo para la industria y la rentabilidad y eficiencia del mismo.

## Antecedentes del problema

La tendencia mundial de generación de energía eléctrica está enfocándose en las tecnologías que garantizan la sostenibilidad de nuestro planeta y como un efecto directo se observa que los costos de las nuevas tecnologías han empezado a competir con las soluciones tradicionales (Giraldo, Ramírez y Quintanilla, 2018). Lo anterior denota la importancia que han adquiridos las perspectivas ambientales y el aprovechamiento consiente de los recursos naturales, y como esta relevancia estimula la necesidad de encontrar otras fuentes de energías renovables.

Asimismo, el crecimiento de la demanda es notable y no solo en las economías del primer mundo sino también en Latinoamérica. De acuerdo con Vergara, Alatorre y Alves (2013), el consumo de energía en esta región ha exhibido un crecimiento superior al 250% en las últimas tres décadas. Y se espera que vuelva a aumentar más de un 120% durante la próxima. Este panorama hace que la puesta en marcha de este tipo de proyectos sea un tema que cobre cada día más importancia y que retumbe en las agendas de los gobiernos e inversionistas.

En este sentido, respecto al escenario colombiano, (Giraldo, Ramírez y Quintanilla, 2018) manifiestan que el 70% de la producción eléctrica depende de la generación hidráulica, que obedece a la ventaja comparativa natural que ofrece a la gran riqueza hídrica del país. Sin embargo, hoy en día la realización de grandes proyectos hidroeléctricos se ha convertido en una tarea casi que imposible por el impacto ambiental y la gran cantidad de obstáculos que deben superar para su construcción.

A pesar de esta situación, Colombia no es “inmune” a la tendencia general que se observa en la región latinoamericana, donde no solo ha aumentado la inversión para dicho sector, sino que lo ha hecho incluso en escalas superiores a otras regiones del mundo. Por ejemplo, según Giraldo, Ramírez y Quintanilla (2018), desde el 2004 la inversión en energías renovables (excluyendo la energía hidroeléctrica), se ha multiplicado por 11, mientras que en otras regiones a nivel mundial este incremento ha sido de 6.

Lo anterior revela la necesidad de asegurar el suministro de energía, y como esta ha influido notablemente en la diversificación energética, promoviendo el desarrollo de las energías alternativas en América Latina, buscando minimizar los efectos económicos negativos por la dependencia de los combustibles fósiles y el impacto de continuos eventos climáticos que influyen en la generación hidráulica, así como la disminución del uso del carbón (Giraldo, Ramírez y Quintanilla, 2018).

Para el caso particular de Colombia, cabe recordar que, efectos climáticos como “el niño”, por ejemplo, tuvieron un impacto en la producción energética del país, conllevando a amplios periodos de racionalización en la década del 90 (Villada, López, Muñoz, 2017). Esto ha derivado en iniciativas que buscan mejorar las diferentes fuentes de energía con las que se cuenta, que aunque son diversas, no se encuentran desarrolladas y siguen estando concentradas.

En cuanto a las energías alternativas, Giraldo, Ramírez y Quintanilla (2018), afirman que Colombia tiene grandes ventajas a nivel energético por estar ubicado en la zona ecuatorial y además por contar con climas y ecosistemas variados favoreciendo la generación de energía a partir de fuentes alternativas derivadas del viento, el sol y de biomasa.

En cuanto a energía solar en Colombia; durante el año de 1992, el antiguo HIMAT y el INEA realizaron el primer Atlas de radiación solar de Colombia, tomando series anuales durante el periodo de 1980 a 1990, de 203 estaciones. Colombia tiene una irradiación promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup> /d (UPME, IDEAM, 2005), la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m<sup>2</sup> /d. Las zonas del país como La Guajira y la Costa Atlántica presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional que pueden llegar al orden de los 6,0 kWh/m<sup>2</sup> /d (Giraldo, Ramírez y Quintanilla, 2018).

Estas condiciones indican que el potencial solar en el país es alto, y que además cuenta con una radiación solar uniforme durante el año, lo que promueve permite considerar la posibilidad de explorar este sector mediante la implementación de plantas fotovoltaicas que le permitan a sus usuarios obtener tarifas más competitivas que no solo le garantice ganancias monetarias sino beneficios ambientales.

### **Descripción del problema:**

Dada la actual problemática mundial, derivada del calentamiento global y el cambio climático por el uso exuberante de los combustibles fósiles, la energía solar fotovoltaica es una gran alternativa como fuente de suministro energético cuyo uso debería justificarse por encima de consideraciones económicas. Sin embargo, gracias al desarrollo tecnológico que ha experimentado el sector solar, hoy día está por encima de cualquier otro tipo de energía renovable o de generación eléctrica (Rúa, Barrera, Gómez, 2016).

En este sentido, la inversión necesaria para la ejecución de proyectos de generación de energía por medio de soluciones fotovoltaicas implica un monto considerable. Lo anterior obedece a que se considera como una nueva tecnología, en lo que respecta a paneles e inversores, que son los

principales equipos que se deben instalar en la solución. Este costo limita su implementación y conlleva a que solo empresas con un presupuesto significativo puedan invertir en este tipo de equipos y tecnologías para su instalación (Bitar & Chamas, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, y que un gran número de empresas no cuentan con este volumen de presupuesto, resulta indispensable atraer inversionistas interesados en participar en este tipo de soluciones. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto de investigación es analizar la viabilidad para establecer un modelo financiero, que le permita a una empresa contar con este servicio de autogeneración fotovoltaica con una tarifa de energía competitiva en el mercado respecto al precio de energía convencional suministrada por la red; igualmente, brindando márgenes de rentabilidad para cada una de las partes involucradas en el proyecto.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible brindar soluciones de energía en la ciudad de Bogotá a través de un contrato de autogeneración fotovoltaica por medio de un modelo financiero contando con inversión externa?

## Marco Teórico

En el siguiente marco teórico se contextualizará y abordarán los principales conceptos que debe conocer el lector para comprender la investigación desarrollada en este trabajo, que busca determinar la viabilidad económica de la implementación de una planta de energía solar fotovoltaica.

### Energías renovables.

Se dice energías renovables a aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotables o indefinida. Una de las principales ventajas de las energías renovables es que, además de ser inagotables, presentan un bajo impacto sobre el medio ambiente.

Las energías renovables tienen como principal característica el hecho que durante sus procesos de transformación y aprovechamiento de la energía útil no se consumen ni se agotan su fuente de generación en una escala de tiempo (Leiva, 2009). Además, las energías renovables pueden contribuir a resolver, al menos parcialmente, las dificultades de abastecimiento que al parecer se presentarían inevitablemente en un futuro no tan lejano (Gonzalez, 2009).

A diferencia de los costos de las energías por combustibles fósiles, el costo de la producción de las energías renovables es previsible y panificable (Labandeira, Linares & Würzburg, 2009). Además, las

energías renovables pueden encontrarse en diferentes lugares del país, lo que significaría una ventaja, asegurando la independencia energética y reducción la producción o importación de combustibles fósiles.

### **Leyes de incentivación tributaria.**

El gobierno nacional ha dispuesto de reglamentaciones y leyes los cuales sirven para incentivar proyectos de energías renovables no convencionales por medio de incentivos económicos, ayudando a diversificar el sistema energético del país, los cuales permiten reducir el impacto ambiental y a su vez obtener una generación económica. (Ministerio de Minas y Energía Decreto Número 2143).

El Ministerio de Minas y Energía, a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), a través de documento público, en la descripción del “Capítulo 8 – Promoción, Desarrollo y Utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía – FNCE”, se enfocan en los siguientes aspectos más representativos: deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta; definición de los requisitos legales para acceder al incentivo; alcance de la aplicación de la deducción especial de la Ley 1715 de 2014; inversiones que se realicen a través de leasing financiero; requisitos generales para acceder a los incentivos de la exención de gravamen arancelario, y requisitos generales para acceder al incentivo de depreciación acelerada de activos.

Con respecto a lo anterior, el gobierno nacional permite incentivar y tener una competitividad de los proyectos renovables en el país, con el fin de generar un impacto ambiental positivo, diferente al petróleo, gas y carbón.

### **Energía Solar.**

La energía solar es la generada a través de la radiación del sol recibida en la tierra, esta fuente de energía posee importantes ventajas sobre las otras, pero para su correcto aprovechamiento presenta algunas dificultades. Entre de las ventajas que posee, la principal es su naturaleza inagotable, renovable y su poca contaminación. Este tipo de energía esta fuera de control del hombre, debido a su intermitencia y que solo es aprovechable en ciertos horarios y en algunas épocas del año su intensidad es menor. La energía solar se puede transformar en dos diferentes formas de energía como calor y eléctrica, en Colombia se explotan estos dos tipos de energías de la energía solar, el calor para por ejemplo el calentamiento del agua, ya sea doméstica, industrial o recreacional, y la eléctrica para

precisamente la generación de electricidad en pequeña escala, residencial o empresarial (oficinas) más muy poco en un ámbito industrial o grandes campos. (CEPAL, 2014).

Según el Director de la Unidad de Aplicaciones Medioambientales de la Energía Solar de Almería, Julián Blanco. Las Investigaciones en estos países y otras realizadas en regiones diversas, demostraron que las energías solar y eólica tienen como principal ventaja que con un adecuado manejo son indefinidamente renovables. Esto las hace a largo plazo más rentables que las tradicionales y su uso no genera impactos significativos sobre el ambiente. A partir de entonces se ha tomado conciencia de la importancia del desarrollo de las fuentes no convencionales de energía. El uso de ellas y el ahorro y eficiencia energética son algunas de las alternativas para lograrlo. (BLANCO 2009)

## Fotovoltaicos

El avance en los procesos de fabricación de paneles solares ha permitido que se reduzcan progresivamente los precios de venta. Este factor podría incentivar a inversionistas del sector público y privado para implementar proyectos de esta índole en Colombia (Chamas, 2017). Mientras que en el año 1977 el costo estimado del Vatio instalado se valorizaba a US\$76.67, para el 2014 el costo decreció significativamente hasta los US\$0,36. (Bloomberg New Energy Finance, 2015).

Se espera que para el año 2028 en Colombia se hayan instalado aproximadamente 239 MW instalados lo cual en conjunto con las demás fuentes no convencionales de energía constituirá un 15% del total de capacidad instalada en el territorio nacional (Unidad de Planeación Minero Energética, 2015).

## Definición de Variables

Según Fernández, “una variable es cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores, ya sea cuantitativa o cualitativamente”. Así mismo, afirma que “podemos decir que una variable es todo aquello que vamos a medir, controlar y estudiar en una investigación o estudio (2004, p. 38). Teniendo en cuenta lo anterior, las principales variables que se van a ver involucradas en el desarrollo de este trabajo son las siguientes:

1. Energía Solar Fotovoltaica.
2. Kilovatio (kW).
3. Tarifa de energía.
4. Contrato PPA (*Power Purchase Agreement*).

5. Niveles de Tensión de Energía.
6. Evaluación Financiera.
7. TIR (Tasa Interna de Retorno).
8. Beneficios tributarias energías renovables.

Este trabajo se considera de alcance descriptivo y no experimental, por lo que las variables se describen, más no se manipulan.

### **Definición conceptual**

Basados en el marco teórico de este trabajo, se presentan las siguientes variables conceptuales propias de esta investigación:

#### **Energía Solar Fotovoltaica**

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores (APPA, 2020). Fuente principal y perdurable utilizada por las Plantas de Autogeneración Fotovoltaica.

La generación fotovoltaica con sistemas conectados a red eléctrica en el esquema de generación distribuida es una alternativa que contribuye con beneficios a la reducción del pico de demanda vespertina, a la disminución de pérdidas por distribución; siendo una opción en el desarrollo de las inversiones que incrementan la capacidad de la red de distribución en un escenario a gran escala, pudiendo sustituir inversiones en capacidad de generación y transmisión. (Ordenación Territorial, 2020).

#### **Kilovatio (kW)**

Un Kilovatio es una unidad de potencia de uso corriente equivalente a 1000 vatios (W), por su parte, un vatio (W) es una unidad potencial del sistema internacional equivalente a un joule por segundo (Energía Solar, 2020). Según la empresa colombiana de energía Celsia, para determinar qué tan rentable y tan competitiva es la tarifa del servicio de energía a suministrar primero se debe entender

que en Colombia las empresas que suministran dicho servicio lo hacen mediante el pago mensual del cliente de acuerdo al consumo de kWh; entonces se tiene que el valor de la factura de energía es el resultado de multiplicar los kWh consumidos por el cliente por el costo unitario (CU) de cada kilovatio (2020).

### Tarifa de energía:

De acuerdo con lo estipulado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas en Colombia (CREG), para obtener una tarifa adecuada, las empresas que suministran energía eléctrica en el país deben sumar costos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización al Costo Unitario (CU) (2020). Para determinar el costo del servicio de energía en un usuario, se deben sumar todos los componentes de la tarifa y se deben multiplicar por el consumo de energía, tal como se muestra a continuación en la gráfica 1.

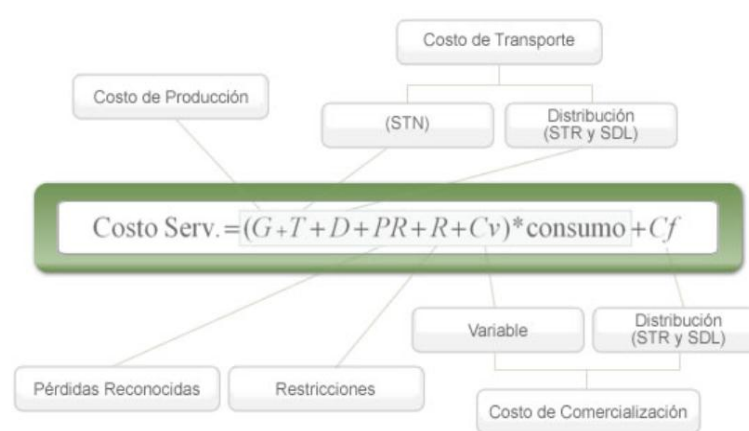


Ilustración 1. Determinación tarifa (Costo servicio) Res. CREG 119 de 2007.

### Contrato PPA (Power Purchase Agreement)

El Departamento de Comercio de Estados Unidos, define un PPA (*Power Purchase Agreement*) como un acuerdo que rige la venta y compra de energía o acuerdo de compra de energía. Así mismo, indica que un PPA es un contrato entre dos partes, una que produce o genera energía para la venta (el

vendedor / productor / compañía del proyecto) y otra que busca comprar energía (el comprador / comprador). Este contrato a veces se conoce como un acuerdo de compra (2014).

### **Niveles de Tensión de Energía**

El Parágrafo 1 del Artículo 13 de la Resolución CREG 097 de 2008 con la cual se aprobó la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local señala que los Operadores de Red deben disponer de un estudio técnico, que considere entre otros aspectos: pérdidas, regulación y calidad de su sistema que permita determinar, según la capacidad de conexión solicitada por un usuario, el nivel de tensión al cual debería conectarse, sujeto a que exista capacidad disponible en el punto de conexión solicitado (Enel Codensa S.A. ESP, 2014). Dado lo anterior, la clasificación por niveles de tensión, aplicados a los sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local, son los siguientes:

- Nivel 4: Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV.
- Nivel 3: Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV.
- Nivel 2: Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV.
- Nivel 1: Sistemas con tensión menor a 1 kV.

### **Evaluación Financiera**

Para determinar la viabilidad de la implementación de una planta de generación fotovoltaica por parte de un cliente empresarial y contando con inversión de un tercero, es necesario realizar la evaluación financiera del proyecto teóricamente. Según Fernández, “esta evaluación tiene como propósito demostrar que los proyectos examinados no solo son factibles de ejecutar desde el punto de vista técnico, sino que, además, pueden pagar el costo de la inversión y generar una ganancia adicional” (2007).

### **TIR (Tasa Interna de Retorno)**

Fernández describe la TIR en un proyecto de inversión, como “la tasa de descuento, que hace que el valor actual de los flujos de beneficio sea igual al valor actual de los flujos de inversión negativos (2007).

Así mismo, Seco concluye que la TIR mide la rentabilidad anual bruta del proyecto de inversión sobre el capital que permanece invertido a principios de cada año (2007). La misma autora, indica que la TIR debe compararse con la tasa mínima que el inversionista haya fijado como deseable obtener en su proyecto de inversión (2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha definido para este trabajo de investigación, realizar el cálculo de la TIR en la evaluación financiera, para determinar si el proyecto es rentable o no para los inversionistas.

### **Beneficios tributarias energías renovables**

#### **Ley 1715 de 2014**

Establecida el 13 de mayo del 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales. La finalidad de la Ley 1715 de 2014, es diversificar el sistema energético actual, invirtiendo en tecnologías renovables, para la reducción del impacto ambiental e incentivo de la economía. (Ministerio de Minas y Energía Decreto Número 2143).

#### **Decreto 2143 de 2015**

El Decreto 2143 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía, estableció el marco legal y los instrumentos para la promoción, desarrollo y utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía – FNCE, en especial las de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico. Adicionalmente, busca fomentar la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía y la eficiencia energética, estableciendo diversos incentivos. (Ministerio de Minas y Energía Decreto Número 2143). A continuación se

describen los principales incentivos del decreto 2143 de 2015.

INCENTIVOS	
BENEFICIOS	DESCRIPCIÓN GENERAL
<p>5.1. Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta.</p> <p>i) Artículo 11 de la Ley 1715 de 2014.</p> <p>ii) Artículo 2.2.3.8.2.1. y siguientes del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</p> <p>• Artículo 2.2.3.8.2.4. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</p>	<p>Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones.</p>
<p>• Artículo 2.2.3.8.4.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</p>	<p>Inversiones realizadas a través de leasing financiero. La deducción especial prevista en el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014, procederá igualmente cuando las nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de FNCE o gestión eficiente de la energía se efectúen por medio de contratos de leasing financiero con opción irrevocable de compra. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).</p>
<p>5.2. Depreciación acelerada.</p> <p>• Artículo 14 de la Ley 1715 de 2014.</p> <p>• Artículo 2.2.3.8.5.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</p>	<p>Requisitos generales para acceder a este incentivo. Las personas naturales y jurídicas deberán obtener previamente la certificación expedida por el Ministerio de Minas y Energía, a través de la Unidad de Planeación Minero-Energética, donde se evaluará el proyecto de FNCE, y ver previamente su viabilidad. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).</p>
<p>5.3. Exclusión de bienes y servicios de IVA.</p> <p>• Artículo 12 de la Ley 1715 de 2014.</p> <p>• Artículo 2.2.3.8.3.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015). Ley 1715 art. 12, Decreto 2143 Artículo 2.2.3.8.3.1.</p>	<p>Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.</p>
<p>5.4. Exención de gravámenes arancelarios. Ley 1715 art. 13, Decreto 2143 de 2015 Arts. 2.2.3.8.4.1.</p>	<p>Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados.</p>
	<p>Exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con FNCE.</p>

*Ilustración 2. Fuente: Elaboración propia a partir de la Cartilla Invierta y Gane con Energía - Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.*

## Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE)

Son aquellos recursos de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCE la energía nuclear o atómica y las FNCE. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCE según lo determine la UPME. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

## **Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)**

Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

## **Fuentes convencionales de energía.**

Son aquellos recursos de energía que son utilizados de forma intensiva y ampliamente comercializados en el país. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

## **Eficiencia Energética.**

Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, que busca ser maximizada a través de buenas prácticas de reconversión tecnológica o sustitución de combustibles. A través de la eficiencia energética, se busca obtener el mayor provecho de la energía, bien sea a partir del uso de una forma primaria de energía o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre el ambiente y los recursos naturales renovables. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

## **Generadores de energía a partir de FNCE.**

Son todos los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta y complementarios y obligados a llevar contabilidad, que generen energía para venta o autoconsumo a partir de FNCE. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

### **Nuevas inversiones en proyectos de FNCE.**

Se consideran nuevas inversiones el aporte y/o erogaciones de recursos financieros que tengan como objetivo el desarrollo de Fuentes No Convencionales de Energía y que se realicen a partir de la vigencia del Decreto 2143 de 2015. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

### **Nuevos proyectos de FNCE**

Son aquellas actividades interrelacionadas que se desarrollan de manera coordinada para instalar capacidad de generación de energía eléctrica a partir de FNCE desde la expedición del Decreto 2143 de 2015. Puede incluir actividades como investigación y desarrollo tecnológico o formulación e investigación preliminar, estudios técnicos, financieros, económicos y ambientales definitivos, adquisición de equipos, elementos, maquinaria, y montaje y puesta en operación. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

### **Medición y evaluación de los recursos para la producción y utilización de energía a partir de FNCE**

Es el conjunto de actividades para la cuantificación de los potenciales de dichos recursos, su distribución espacial, estacionalidad, entre otros aspectos, basada en mediciones de ciertos parámetros y variables que permiten reducir la incertidumbre sobre la disponibilidad de los recursos. (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

### **Etapas de proyectos de FNCE o gestión eficiente de la energía.**

En la aplicación de los incentivos de que trata el Decreto 2143 de 2015, se entenderán por etapas del proyecto las siguientes: i) etapa de preinversión (investigación y desarrollo tecnológico o formulación e investigación preliminar); ii) etapa de inversión (estudios técnicos, financieros, económicos y ambientales definitivos, montaje e inicio de operación); y iii) etapa de operación

(administración, operación y mantenimiento). (Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

### Definición operacional

Para alcanzar el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación, a continuación, se presenta la definición operacional o Marco Metodológico que comprende, según lo definido por Finol y Camacho (2008, p.60), "(...) cómo se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos".

De acuerdo con lo anterior, y teniendo como enfoque principal obtener resultados confiables y concluyentes para alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación, a continuación, se presenta la estructura metodológica a utilizar (gráfica 3).

La gráfica 3 muestra según Hernández (2003, p.18), el diagrama de proceso de la investigación, el cual debe ser estructurado de manera organizada y con un orden lógico que permita abarcar, de un lado, todas las etapas del estudio y, de otro lado, todas las variables que intervienen en la investigación; en ésta se describe el orden o el paso a paso a seguir en el desarrollo cualquier tipo de proyecto.

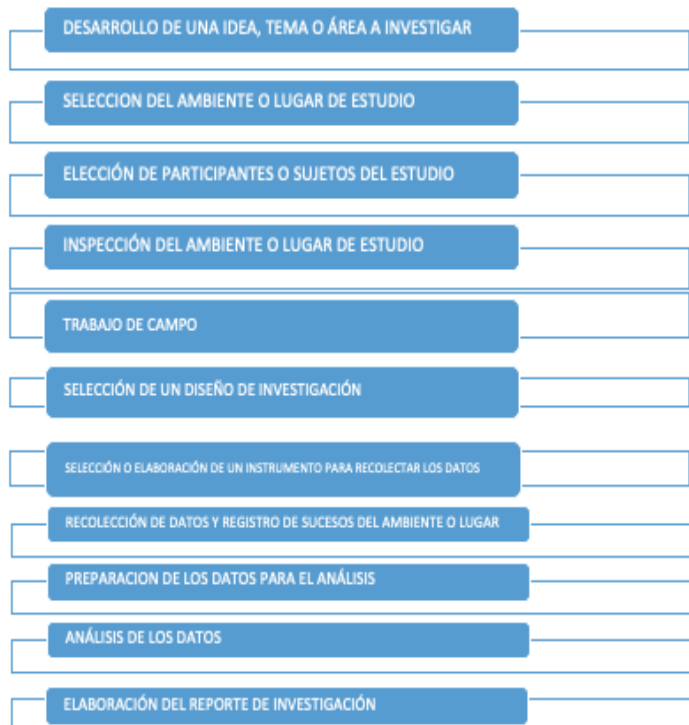


Ilustración 3. Fuente: Metodología de la investigación (Hernandez, Collado & Lucio 2003) Elaboración propia.

## Población y Muestra

Para determinar la población y muestra objeto de la presente investigación, es necesario establecer cuál será la unidad de análisis; de acuerdo con Hernández (2003, p.173), la unidad de análisis corresponde a todo aquello que “va a ser medido”, y tomando como base los objetivos de este estudio, se define como unidad de análisis a las empresas del sector industrial ubicadas en la Ciudad de Bogotá.

Así mismo Hernández (2003, p.174) se refiere a la “Población o universo Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”, mientras que, por su parte la muestra es un “Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de ésta”.

Dado lo anterior, se determina como población a las empresas del sector industrial de Bogotá cuya principal fuente para el desarrollo de su actividad sea el uso de energía eléctrica, y se delimita la muestra con aquellas que estén siendo impactadas por los altos costos que implica tener como única opción la



ésta “es una técnica destinada para obtener datos de varias personas cuyas opiniones interesan al investigador” (Huamán, 2005, p.28)., adicionalmente porque el mismo autor afirma que “Las técnicas de encuesta se adaptan a todo tipo de información y a cualquier población”.

Se selecciona el método no probabilístico ya que según Sampieri (2003, p.176), este tipo de muestreo abarca un “Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación”.

Este trabajo se considera una investigación cuantitativa de alcance descriptivo, dado que, su enfoque va ligado a un modelo financiero, para la determinación de una tarifa de energía.

H<sub>0</sub>: “No es viable financieramente la implementación de una planta de energía solar fotovoltaica con CAPEX externo en la ciudad de Bogotá”

H<sub>1</sub>: “Es viable financieramente la implementación de una planta de energía solar fotovoltaica con CAPEX externo en la ciudad de Bogotá”

## Encuesta

1. ¿Cuál es su nivel de conocimiento sobre el uso y la generación de energía por medio de paneles solares?

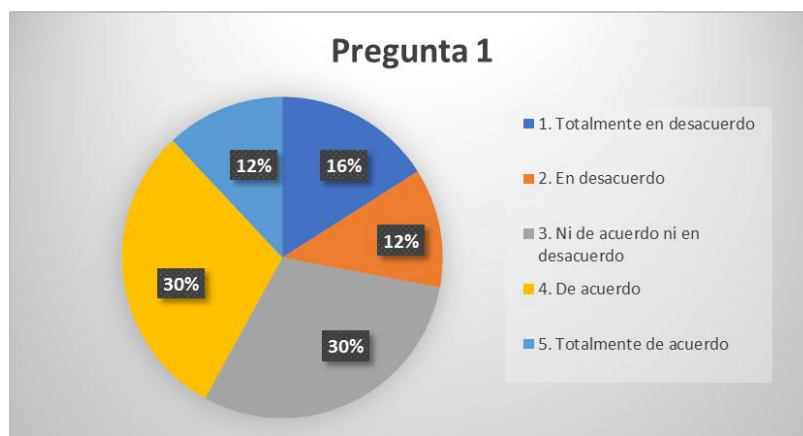


Ilustración 5. Pregunta 1, elaboración propia.

Según la encuesta aplicada, se evidencia que el 60% de los encuestados se encuentran en un nivel medio-alto de conocimiento sobre el uso y la generación de energía por medio de paneles solares, por

lo que se puede concluir que más de la mitad de las empresas encuestadas están a la vanguardia en el uso de esta tecnología, mientras que el 40% restante presentan un nivel de conocimiento bajo en el tema.

2. Clasifique de 1 a 5, la importancia que su empresa le da al cuidado del medio ambiente

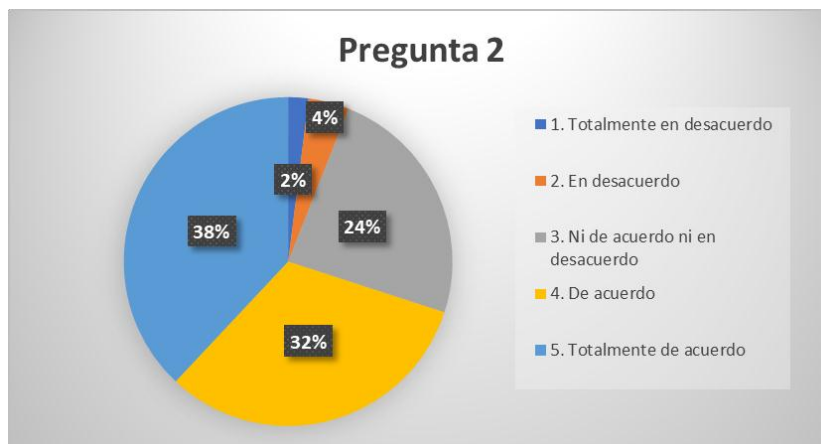
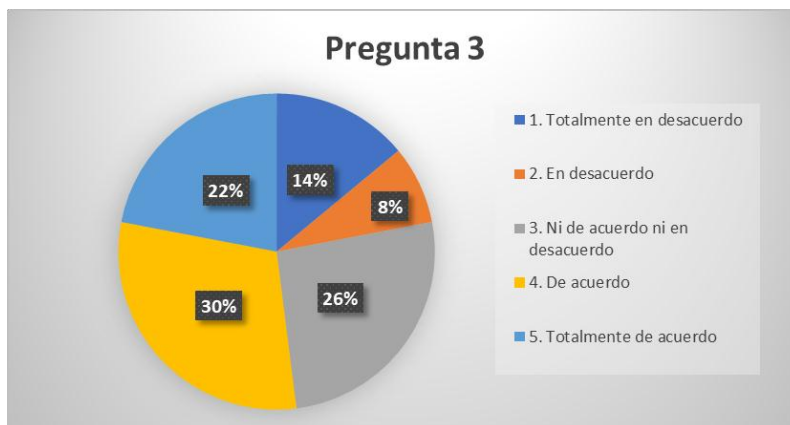


Ilustración 6. Pregunta 2, elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, se observa que un 70% de los encuestados y/o potenciales usuarios indican que sus empresas tienen una conciencia bastante inclinada por el cuidado del medio ambiente, dado que el 38% y el 32% contestaron que sus empresas están totalmente de acuerdo y de acuerdo, respectivamente, cuando se les pregunta por el cuidado que sus empresas le dan al medio ambiente. Cabe destacar, que del 30% restante, un 24% de los encuestados indicó que no estaba de acuerdo ni en desacuerdo.

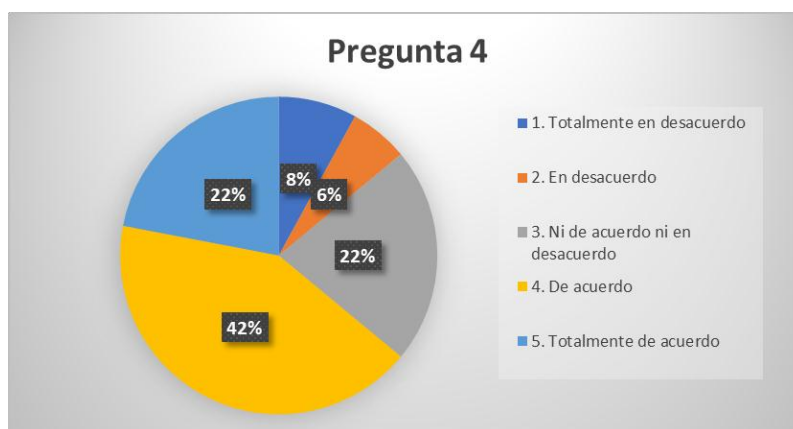
3. De acuerdo con la respuesta anterior ¿ha considerado el uso de energía renovable para la operación de su empresa para promover el cuidado del medio ambiente?



*Ilustración 7. Pregunta 3, elaboración propia.*

Según los resultados de esta pregunta, se observa que un 52% de los encuestados manifestaron que sus empresas han considerado el uso de energías renovables para la operación de sus empresas. En este sentido, un 22% contestaron que sus empresas estarían totalmente de acuerdo, mientras que un 30% estaría de acuerdo, respectivamente. De igual manera, otro 26% de los encuestados indicó que no estaba de acuerdo ni en desacuerdo, situación que podría identificarse como una posibilidad de usuarios que podrían llegar a utilizar este tipo de energías.

4. ¿Su empresa se encuentra en disposición y cuentan con la infraestructura (capacidad instalada) de implementar este tipo de energías para su empresa?



*Ilustración 8. Pregunta 4, elaboración propia.*

De acuerdo con los resultados, sobre la disposición e infraestructura en la implementación de energías limpias en las empresas de los encuestados, se observó que un 64% se encuentran

Totalmente de acuerdo y De acuerdo, con implementar este tipo de energías; sin embargo, en un 22%, casi una tercera parte de los encuestados, no ven con claridad la implementación, dando a entender que para las empresas este tema aun no es prioritario, en el desarrollo de la ejecución de sus estrategias a largo plazo.

5. ¿Cree usted que la energía solar es una tecnología viable en Colombia?

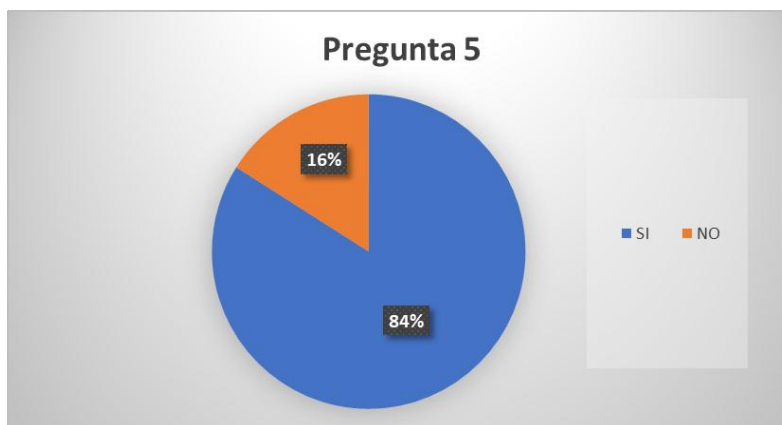
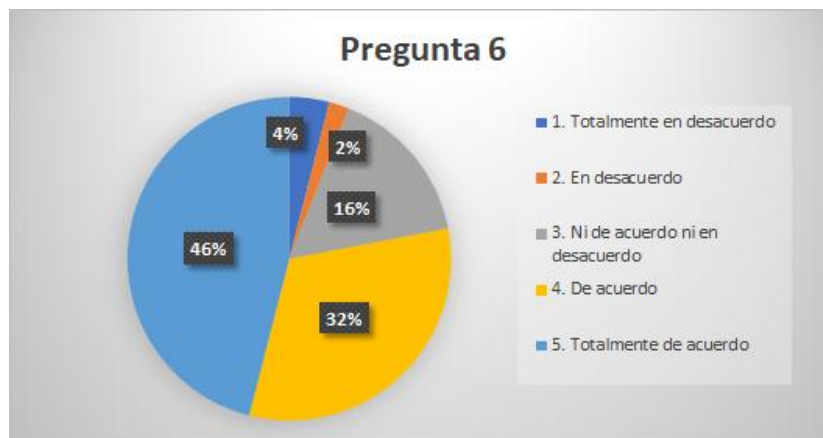


Ilustración 9. Pregunta 5, elaboración propia.

Con respecto a los resultados de la preguntar anterior, en la cual se presenta un 64% de aceptación sobre los proyectos de energías renovables, se observa que la mayoría de los encuestados ven viable la tecnología solar en Colombia, presentando en un 84% de aceptación en este tipo de tecnología y proyectos.

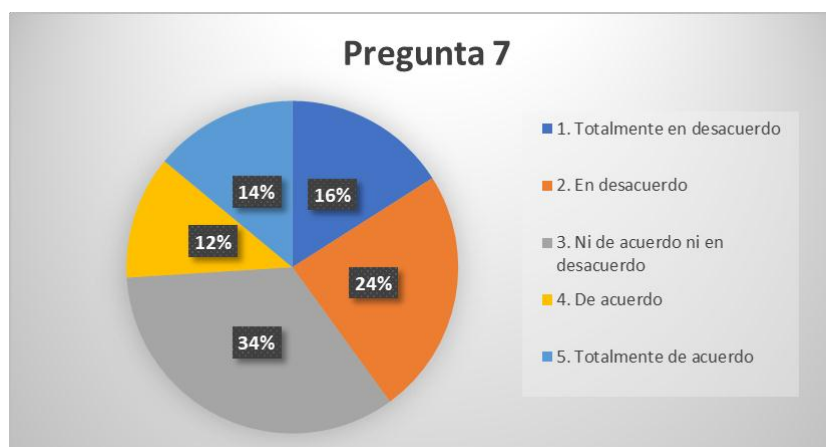
6. ¿Qué tan de acuerdo está usted con que la implementación de energías renovables conceda beneficios tales como: rentabilidad económica, beneficios tributarios, impacto positivo en la imagen de su empresa y mejoramiento en la calidad del servicio?



*Ilustración 10. Pregunta 6, elaboración propia.*

Los resultados obtenidos de la pregunta número 6, indican que el 78% los empresarios encuestados están de Acuerdo y Totalmente de Acuerdo en que la implementación de energías limpias para la operación de su actividad económica sea retribuida con beneficios tributarios, reputacionales, rentabilidad, entre otros; consideran que son favorables los incentivos al cambio ya que al mismo tiempo estarían aportando al cuidado del medio ambiente con tecnologías amigables como lo es la energía solar.

7. ¿Qué tanto conocimiento tiene sobre la ley 1715 del 2014 y sus beneficios tributarios para las empresas y personas naturales que realicen inversiones en fuentes no convencionales de energía?



*Ilustración 11. Pregunta 7, elaboración propia.*

Es necesario que el gobierno realice más campañas para incentivar los proyectos de energías no convencionales y los socialice en los diversos campos empresariales, dado que un 74% de los encuestados no cuentan con conocimientos de los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014, el cual hace parte fundamental del desarrollo de la ejecución de estos proyectos, generando un gran impacto al medio ambiente y económico del país.

8. ¿Conoce los beneficios económicos que le aporta la implementación de fuentes de energía solar?

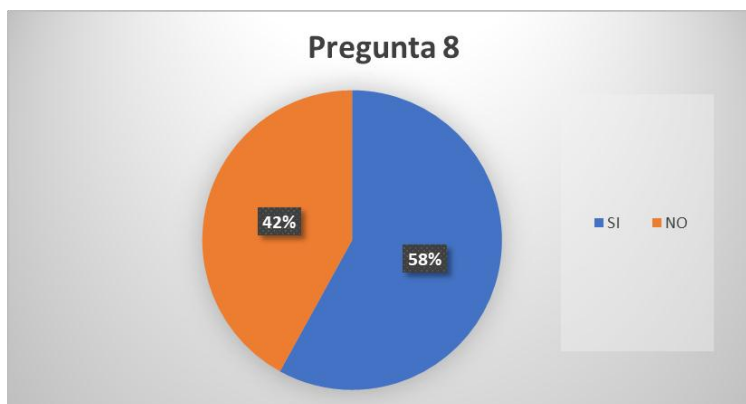


Ilustración 12. Pregunta 8, elaboración propia.

Los resultados de esta pregunta demuestran que no hay un conocimiento claro de los beneficios de que derivan de la implementación de este tipo de energías renovables para la operación de las empresas. En este sentido se observa que solo un 52% de los encuestados indicaron que conocen los beneficios que brinda esta implementación. Teniendo en cuenta que el 42% restante de los encuestados no conoce estos beneficios, se observa que es necesario hacer una mayor difusión y así ampliar el espectro de clientes potenciales que estén interesados en utilizar estas energías.

9. ¿Qué tan dispuesto estaría usted a reemplazar fuentes de energía convencionales (petróleo, gas natural y carbón) por fuentes 100% limpias como la energía solar, así estas tuvieran un costo superior?

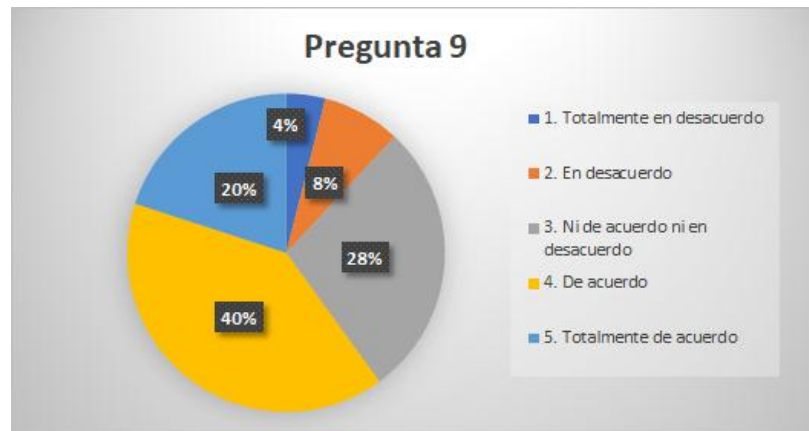


Ilustración 13. Pregunta 9, elaboración propia.

Como se puede observar en los resultados de la pregunta 9, para el 28% de los empresarios encuestados, existe cierto escepticismo frente al cambio de energías convencionales por energías renovables, esto teniendo en cuenta que el costo de la implementación de este tipo de tecnologías representa una considerable inversión de dinero; sin embargo, se puede observar que para el 60% de los encuestados la tendencia de contribuir a reducir los impactos del cambio climático con energías limpias es favorable.

10. ¿Cree usted que Colombia se encuentra a la vanguardia en temas de implementación de energías no convencionales?

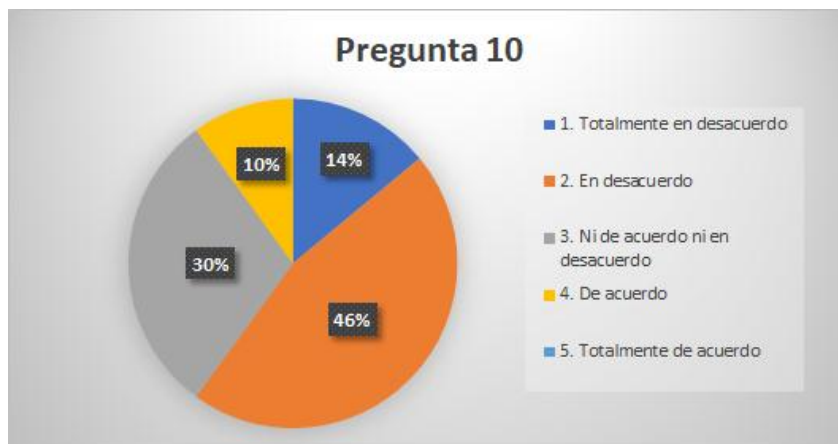


Ilustración 14. Pregunta 10, elaboración propia.

En el resultado de la pregunta 10 se puede observar que casi la mitad de los encuestados (46%), consideran que el país es poco competitivo en términos de adopción de energías limpias, mientras que el 30% se muestra escéptico al respecto. Esta tendencia se debe al conocimiento de que, aunque el país cuenta con gran capacidad de producción de energía solar (en algunas regiones mayor que en otras), esta no está siendo aprovechada.

11. ¿Qué tan importante es el uso de la energía eléctrica en el desarrollo de la actividad de su empresa?

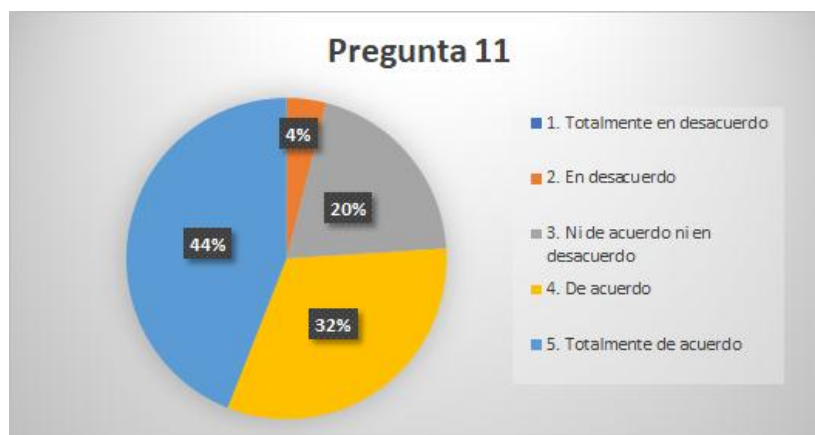


Ilustración 15. Pregunta 11, elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica casi mitad de los encuestados (44%), consideran muy importante el uso de la energía eléctrica para el desarrollo de la actividad de sus empresas, mientras que solo un 32% cuenta con otros tipos de energías alternos para sus procesos. Una porción más pequeña (20%), continúa utilizando solo fuentes energéticas no renovables como el petróleo, gas natural y carbón. Es por ello que se plantean la implementación de energías renovables.

12. ¿Cuál es el nivel de tensión que emplea su empresa?

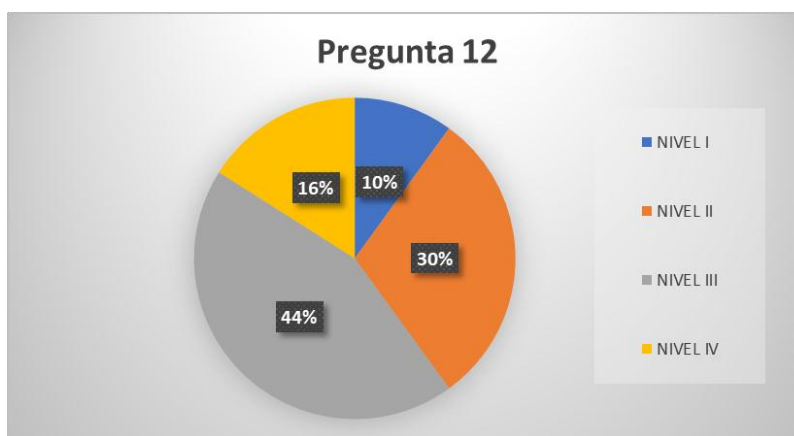
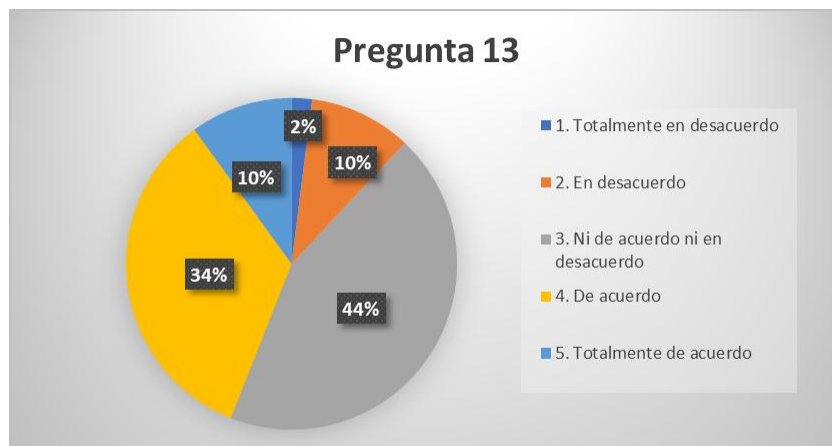


Ilustración 16. Pregunta 12, elaboración propia.

Se puede observar que el 26% de las empresas emplean niveles bajos de tensión, mientras que el 74% restante emplea niveles altos. El nivel de tensión 1 cuenta con una participación del 10%, el nivel 2 con una del 30%, el 3 con una de 44% y el nivel 4 con una participación del 16%. En conclusión, la mayor parte de la muestra de las empresas evaluadas tienen un nivel de tensión 3.

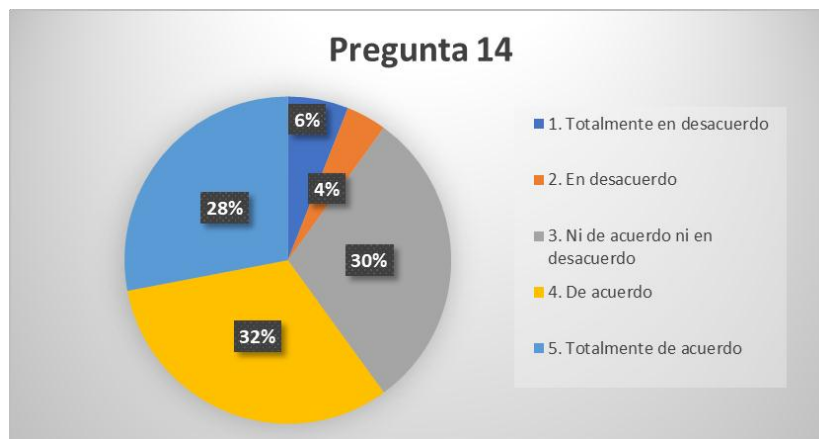
13. ¿Cuál es su nivel de conocimiento sobre el uso y la generación de energía por medio de paneles solares?



*Ilustración 17. Pregunta 13, elaboración propia.*

Como se puede apreciar en las respuestas de la pregunta 13, el 44% de las empresas consultadas indican tener un conocimiento intermedio sobre el uso y la generación de energía por medio de paneles solares y un 34% indica tener conocimientos técnicos sobre el tema; esto puede ser un aspecto positivo para el proyecto ya que evidencia que no hay un desconocimiento total sobre el tema.

14. ¿Considera usted que, si cuenta con una planta de auto generación fotovoltaica, podría mejorar la continuidad del servicio de energía y con ello el funcionamiento de las actividades que dependen de ese servicio?



*Ilustración 18. Pregunta 14, elaboración propia.*

Algo más del 50% de las empresas que contestaron la encuesta están totalmente de acuerdo o de acuerdo con que una planta de autogeneración de energía, permitiría mejorar la continuidad del proceso

productivo de su operación, debido a que garantizaría la continuidad del servicio con una autogeneración energética. Es importante también resaltar que el 30% de las empresas encuestadas no están de acuerdo ni en desacuerdo con esta hipótesis, debido al desconocimiento de estas tecnologías en el país que les pueda certificar su funcionamiento.

15. ¿Conoce usted alguna empresa que ofrezca soluciones de energía fotovoltaica?

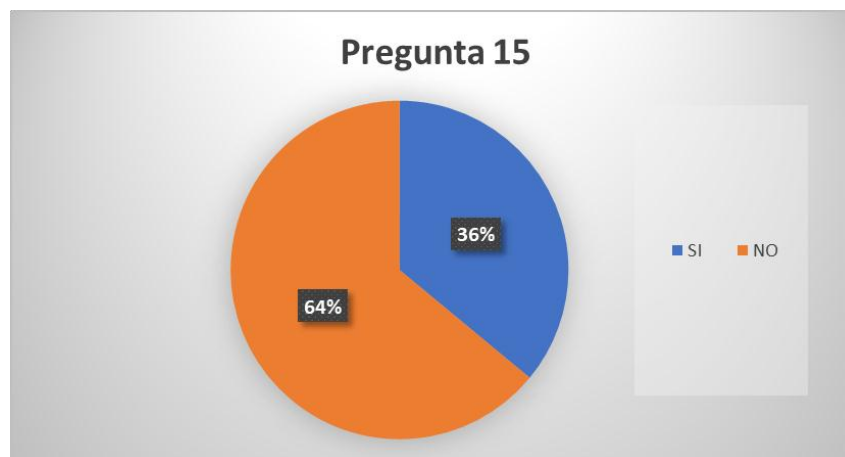


Ilustración 19. Pregunta 15, elaboración propia.

El resultado obtenido en la pregunta 15, en la que se busca conocer la percepción de empresas que ofrezcan algún servicio de soluciones de energía fotovoltaica, nos permite evidenciar que el 64% de las empresas no tiene conocimiento o nunca ha tenido alguna oferta de este tipo de servicios, esto nos ayuda a reafirmar lo visto en el marco teórico, en donde el Banco Interamericano de Desarrollo mostraba la poca oferta de este servicio.

16. ¿Qué tan de acuerdo estaría usted a que su empresa firmara un contrato PPA a 12 años para el suministro de energía por medio de una solución fotovoltaica?

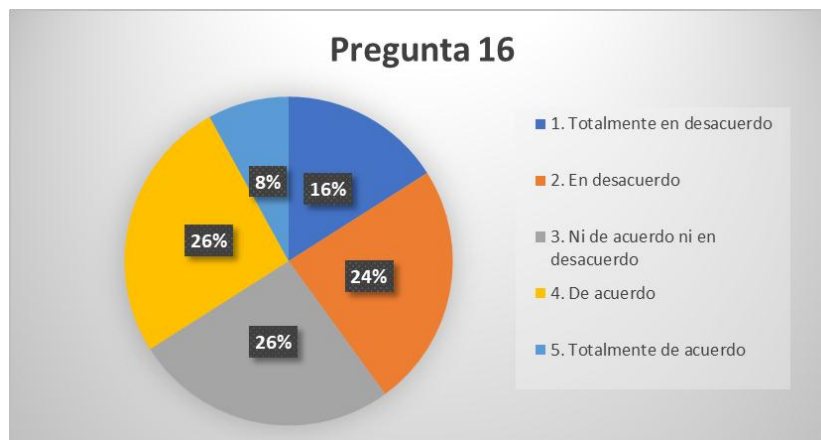


Ilustración 20. Pregunta 16, elaboración propia.

Se evidencia una alta dispersión en la disposición de las empresas en cuanto a firmar un contrato PPA a 12 años para contar con energía suministrada a través de una planta de autogeneración fotovoltaica, siendo los mayores porcentajes “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y “de acuerdo” con un 26% cada uno y tan solo un 8% estando totalmente de acuerdo. Esto quiere decir que un 38% de la muestra estaría dispuesta a firmar un contrato a largo plazo para el suministro de energía.

17. ¿Considera que el valor de la tarifa por Kw que paga actualmente a su comercializador de energía es justo respecto al servicio que recibe?

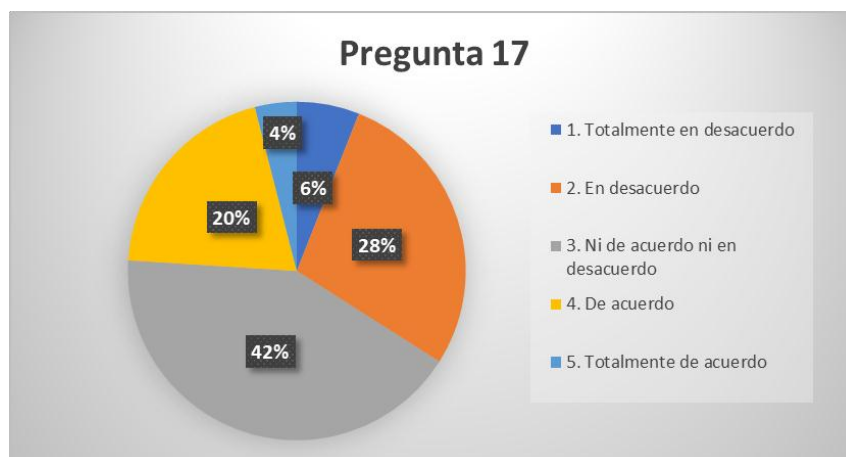
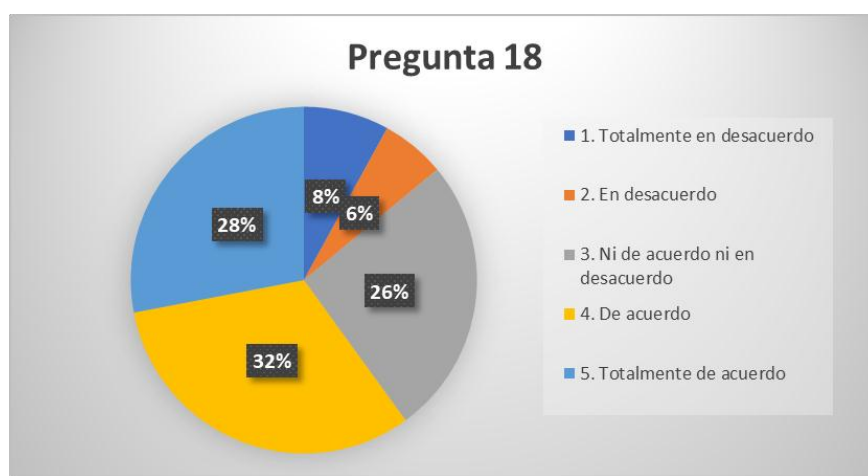


Ilustración 21. Pregunta 17, elaboración propia.

Los resultados de esta pregunta no tienen ninguna tendencia marcada, el mayor porcentaje hace referencia a empresas que no consideran que el valor de la tarifa sea justo o injusto, el 20% considera

que es un valor justo comparado con el servicio recibido, mientras que el 33% aproximadamente está en desacuerdo con el valor que paga actualmente por el servicio.

18. Si la implementación de una planta de generación fotovoltaica en su empresa a través de un contrato PPA, le permitiría reducir el pago actual por Kw consumido ¿Qué tan dispuesto estaría a permitir la construcción de una planta en su empresa?



*Ilustración 22. Pregunta 18, elaboración propia.*

De acuerdo con los resultados obtenidos para esta pregunta se evidencia que 60% de las empresas encuestadas estarían dispuestas a permitir la construcción de una planta de generación fotovoltaica a través de un contrato PPA, dados los posibles ahorros que se obtendrían con una nueva tarifa de energía brindada por la solución energética. Por el contrario, el 26% es indiferente al tema y el 14% restante estaría en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con esto.

## Resultados

### Estructuración del Modelo Financiero

Una vez contando con los resultados de las encuestas, se procedió a realizar la estructuración del modelo financiero para la implementación de una planta de autogeneración de energía fotovoltaica en las instalaciones de un cliente empresarial, cuyo resultado fue el siguiente:

### Modelo Empresa que recibe la inversión:

#### Estado de Pérdidas y Ganancias:

P&L (COP)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
Ingresos	5.443,9	50,9	50,6	52,4	54,2	56,0	57,9	59,9	62,0	64,1	66,3	68,5	70,9	-	6.157,7
Costos V.	4.758,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.758,5
Gross Margin	685,4	50,9	50,6	52,4	54,2	56,0	57,9	59,9	62,0	64,1	66,3	68,5	70,9	-	1.399,2
Costos F.	41,9	43,3	44,8	46,3	47,9	49,5	51,2	53,0	54,8	56,7	58,6	60,6	62,7	-	671,4
ICA	65,3	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	-	73,9
<b>EBITDA</b>	<b>578,2</b>	<b>6,9</b>	<b>5,2</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>	<b>5,8</b>	<b>6,0</b>	<b>6,2</b>	<b>6,4</b>	<b>6,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,1</b>	<b>7,3</b>	-	<b>653,8</b>
D&A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EBIT</b>	<b>578,2</b>	<b>6,9</b>	<b>5,2</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>	<b>5,8</b>	<b>6,0</b>	<b>6,2</b>	<b>6,4</b>	<b>6,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,1</b>	<b>7,3</b>	-	<b>653,8</b>
Imp. + GMF	197,2	3,4	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	0,0	222,8
<b>Net Income</b>	<b>381,1</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>	<b>4,8</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0</b>	<b>431,0</b>

Ilustración 23. Elaboración propia

### Flujo de Caja

Cash Flow (COP)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
EBITDA	578,2	6,9	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,9	7,1	7,3	-	653,8
Imp.	- 197,2	- 3,4	- 1,7	- 1,8	- 1,8	- 1,9	- 1,9	- 2,0	- 2,1	- 2,2	- 2,2	- 2,3	- 2,4	- 0,0	- 222,8
Capex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta$ NCW	1.165,5	- 1.154,8	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	- 15,0	0,0
FCFO	1.546,6	- 1.151,2	3,6	4,0	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,1	5,3	5,5	- 15,0	431,0

Ilustración 24. Elaboración propia

## Modelo Empresa Inversionista:

### Estado de Pérdidas y Ganancias:

P&L (COP)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
Ingresos	393,8	708,3	743,3	780,0	818,5	859,0	901,4	945,9	992,6	1.041,6	1.093,1	1.124,8	482,3	-	10.884,6
Costos V.	-	50,9	50,6	52,4	54,2	56,0	57,9	59,9	62,0	64,1	66,3	61,4	63,5	-	699,3
Gross Margin	393,8	657,5	692,7	727,6	764,4	802,9	843,5	886,0	930,6	977,6	1.026,8	1.063,4	418,7	-	10.185,4
Costos F.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ICA	4,7	8,5	8,9	9,4	9,8	10,3	10,8	11,4	11,9	12,5	13,1	13,5	5,8	-	130,6
EBITDA	389,0	649,0	683,7	718,3	754,6	792,6	832,6	874,6	918,7	965,1	1.013,7	1.049,9	412,9	-	10.054,7
D&A	1.295,7	1.295,7	1.295,7	1.295,7	1.295,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.478,3
EBIT	- 906,6	- 646,7	- 611,9	- 577,4	- 541,1	792,6	832,6	874,6	918,7	965,1	1.013,7	1.049,9	412,9	-	3.576,4
Imp. + GMF	- 272,5	- 1.333,5	- 183,4	- 173,0	- 162,2	238,0	250,0	262,6	275,8	289,7	304,3	315,2	124,1	0,0	64,9
Net Income	- 634,1	686,8	- 428,5	- 404,3	- 379,0	554,7	582,7	612,0	642,9	675,3	709,4	734,7	288,9	- 0,0	3.641,3

Ilustración 25. Elaboración propia

### Flujo de Caja

Cash Flow (M€)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
EBITDA	389,0	649,0	683,7	718,3	754,6	792,6	832,6	874,6	918,7	965,1	1.013,7	1.049,9	412,9	-	10.054,7
Imp.	272,5	1.333,5	183,4	173,0	162,2	-238,0	-250,0	-262,6	-275,8	-289,7	-304,3	-315,2	-124,1	-0,0	64,9
Capex	-6.478,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-6.478,3
Δ NCW	- 330,8	- 1.056,9	1.147,1	7,5	7,9	396,9	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	7,8	-138,0	-89,4	0,0
FCFO	-6.147,6	925,5	2.014,3	898,8	924,6	951,6	591,3	621,1	652,5	685,4	719,9	742,5	150,9	-89,4	3.641,3

Ilustración 26. Elaboración propia

A continuación, se describe la forma en la que se construyeron los estados financieros de las empresas involucradas en el proyecto de inversión:

**Ingresos:** Como se mencionó anteriormente en la definición de variables, un PPA es un contrato entre dos partes, una que produce o genera energía para la venta (el vendedor / productor / compañía del proyecto) y otra que busca comprar energía (el comprador / comprador) (Departamento de Comercio de Estados Unidos, 2014), la determinación de los ingresos para la estructuración del modelo financiero de este trabajo, parte de multiplicar la tarifa de PPA o precio de energía por la cantidad de kWp que una planta de energía solar fotovoltaica se encuentra en capacidad de generar.

**Costos Variables (Inversión):** Para la determinación de los costos de un proyecto de generación de energía fotovoltaica a través de paneles solares, partimos del hecho que el costo de esta tecnología ha venido en descenso desde el año 2010, ubicándose en un costo aproximado de 0,5€ por watt para el año 2016, según lo muestra la siguiente Gráfica.

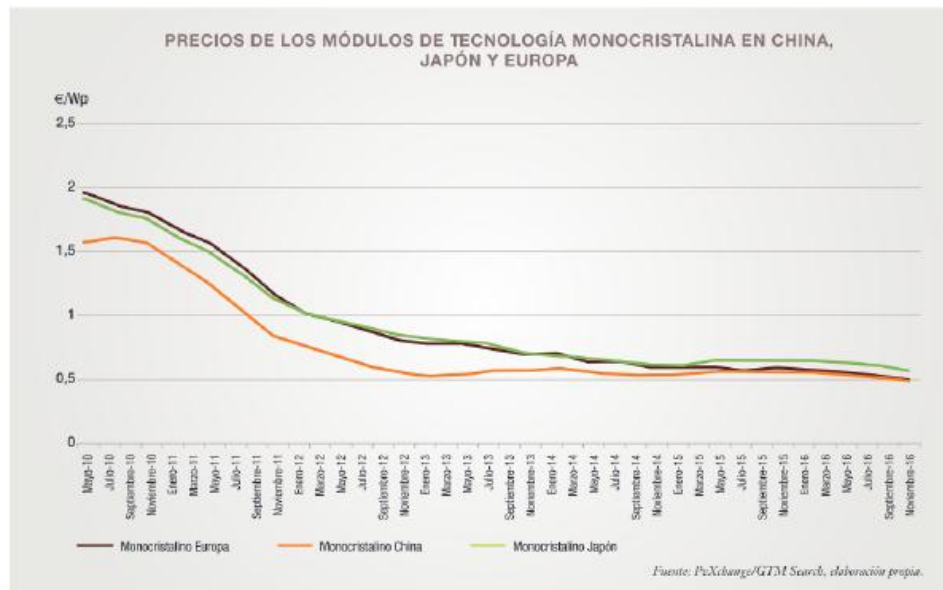


Ilustración 27. Fuente: Politécnica. Instituto de Energía Solar (2018)

Ya identificado el costo del watt/kilowatt procedimos a listar los componentes que se requieren para la construcción de una planta de energía solar fotovoltaica. Paneles solares: que afectan el total del 40% al 60% del valor de la inversión que para efectos de este trabajo se ha tomado un 50%. El diseño y la instalación, que van desde el 30% a aproximadamente el 15% y que para efectos de esta investigación se ha tomado un 30%. El inversor con un máximo del 10% sobre el costo total de la planta, cifra tenida en cuenta para efectos de este ejercicio. Estructuras de soporte de los módulos que pueden variar entre 5% y 8% y para los cuales se ha tomado un 8% sobre el total de la inversión. ("Los costos de la energía fotovoltaica", 2020).

Adicionalmente se contempló un 1% del total de la inversión para estudios y permisos de conexión de las plantas y un 1% de imprevistos.

Costos Fijos: Según la investigación realizada por Gomez y Alzate (2006), teniendo en cuenta que la energía que se necesita para cubrir la demanda del Club Naval es de 634.28 kWp y cada panel solar tiene una capacidad de 0.275 mWp, la cantidad de paneles requeridos equivale a la división de la potencia de la planta sobre la generada por el panel. De esta manera, logramos calcular el número de paneles que se requieren de acuerdo con el tamaño de cada planta y así determinar los costos fijos de mantenimiento, que los mismos autores indican, corresponden al 0,75% del total de la inversión.

También se estimaron costos de personal administrativos y de personal por un 0,03% y un 0,1% respectivamente sobre el valor total de la inversión.

**Beneficios Tributarios:** Los principales beneficios que se tuvieron en cuenta en la estructuración del modelo financiero fueron la depreciación acelerada a 5 años (Artículo 14, Ley 1715 de 2014), descuento del IVA para el valor de la inversión por la compra de activos productivo (Ley 1943 de 2018) y la deducción en el impuesto de renta de hasta un 50% del valor de la inversión (Artículo 11 Ley 1715 de 2014).

**Inclusión Inversionista en el Modelo Financiero:** Contando con los flujos del proyecto y los Estados Financieros de la empresa que prestaría el servicio y con el fin de incorporar al inversionista en el modelo, se determinó que los ingresos del inversionista sería los generados a través de la venta de energía por medio de la planta solar y los costos del mismo, serían los ingresos de la empresa que preste el servicio determinados por los costos de mantenimiento más un margen definido.

Establecido el modelo financiero, se surtieron los diferentes escenarios que determinarían tanto unos márgenes óptimos para las empresas como una tarifa que les trajera ahorros a los clientes finales.

A continuación, se definen los precios de la energía suministrada por la red para el mes de mayo de 2020 y con los cuales se realizaron los escenarios de ahorro para el cliente final:

	Tensión II	Tensión III	Tensión IV
<b>Restricciones</b>	12	12	12
<b>Pérdidas</b>	11	11	5
<b>Transmisión</b>	44	44	44
<b>Distribución</b>	104	71	28
<b>Generación + Comercialización</b>	269	269	269
	440	406	358

*Ilustración 28. Información tomada de Tarifas de energía Enel-Codensa*

Teniendo en cuenta lo anterior, se analizaron diferentes escenarios con los cuales se puede determinar que el modelo es viable para proyectos superiores a 2,5 mWp de capacidad instalada con una tarifa de PPA de 360 COP/kWp, escenario bajo el cual se empieza a generar un margen de 7% para la empresa que preste el servicio y un 10,26% de retorno sobre la inversión (TIR) para el inversionista.

El siguiente cuadro muestra los diferentes escenarios analizados y permite evidenciar que a medida en que aumenta el tamaño de la planta, incrementan también los márgenes de rentabilidad y utilidad para las empresas:

Capacidad kWp	Tarifa PPA	Tensión II	Tensión III	Tensión IV	Margen Empresa	TIR Inversionista	PPA Tensión II	PPA Tensión III	PPA Tensión IV
1.500	400	440	406	358	2,00%	4,90%	-9,95%	-1,52%	10,40%
2.000	400	440	406	358	5,00%	8,78%	-9,95%	-1,52%	10,40%
2.500	360	440	406	358	7,00%	10,26%	-22,17%	-12,80%	0,44%
2.600	350	440	406	358	7,00%	10,46%	-25,66%	-16,03%	-2,40%
2.800	340	440	406	358	7,50%	11,13%	-29,36%	-19,44%	-5,42%
3.000	330	440	406	358	9,00%	11,37%	-33,28%	-23,06%	-8,61%
3.500	330	440	406	358	10,00%	14,02%	-33,28%	-23,06%	-8,61%
4.000	320	440	406	358	12,00%	15,39%	-37,44%	-26,90%	-12,00%

*Ilustración 29. Elaboración propia.*

El cuadro anterior nos permite concluir que así el modelo empiece a generar rentabilidad para las empresas a partir de un proyecto de 2,5MWp con una tarifa PPA de 360 COP/kWp, bajo este escenario se presenta un desahorro de 0,4% para clientes con un nivel de tensión IV, por lo que podemos concluir de acuerdo con las encuestas aplicadas que este tamaño de proyecto bajo esta tarifa, solo podría ofrecerse al 74% de la muestra, lo que demuestra que este tipo de soluciones son rentables en un alto porcentaje de las empresas definidas como mercado objetivo. Cabe aclarar que el nivel de tensión I no es considerado toda vez que corresponden a consumos mínimos de energía y/o a clientes residenciales.

A continuación, se muestran los ahorros y/o desahorros que tendrían los clientes según su nivel de tensión bajo el escenario de estudio:

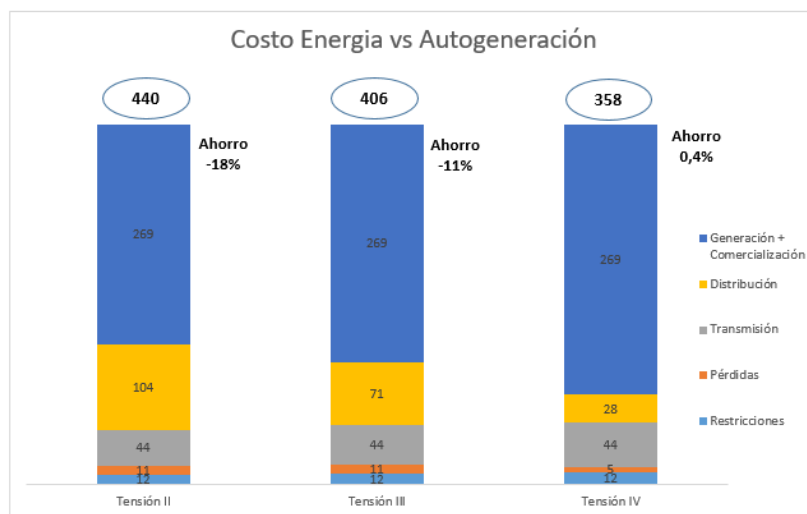


Ilustración 30. Costo de energia Vs Autogeneración. Elaboración propia

Como conclusión general, podríamos decir que al analizar la viabilidad del modelo financiero se evidencia que es posible brindar a clientes empresariales de la ciudad de Bogotá, soluciones de autogeneración fotovoltaica para suplir sus necesidades de energía eléctrica garantizando un margen de rentabilidad para el inversionista y la empresa que presta la solución.

## Lista de referencias

APPA. (2020). Asociación de Empresas de Energías Renovables. Recuperado el 01 de Mayo de 2020, de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>

Bitar, S. Chamas, F. (2017). Estudio De Factibilidad Para La Implementación De Sistemas Fotovoltaicos Como Fuente De Energía En El Sector Industrial De Colombia. Colegio de Estudios Superiores de Administración.

BLANCO, J. 2009. La problemática de la energía, y el papel de las Energías Renovables, la regulación europea y la aplicación al modelo chileno y la rentabilización de la Energía Solar. Universidad de Santiago de Chile.

Bloomberg New Energy Finance. (2015). Executive Outlook

Celsia. (2020). Documento de trabajo: Cómo entender la tarifa de energía. Obtenido de [https://www.celsia.com/Portals/0/Documentos/Documento%20sobre%20la%20tarifa%20de%20energ%C3%ADa%20\(final\).pdf](https://www.celsia.com/Portals/0/Documentos/Documento%20sobre%20la%20tarifa%20de%20energ%C3%ADa%20(final).pdf)

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2020). Estructura Tarifaria.

Enel Codensa S.A. ESP. (2014). Niveles de tensión de conexión de cargas de clientes.

Energía Solar. (2020). Kilovatio. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/vatio/kilovatio>

Fernández, A. M. (2004). Metodología de la Investigación.

Fernández, S. (2007). Los proyectos de Inversión. Costa Rica.

Finol, M. & Camacho H. (2008). El proceso de investigación científica (60).

Giraldo, M. Ramírez, R. y Quintanilla, A. (2018). LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS ¿UNA OPORTUNIDAD PARA COLOMBIA? Revista Punto de Vista, 24-36.

Gomez, M., & Alzate, F. (2006). Análisis financiero para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica para el centro recreacional Club Naval de Oficiales Santa Cruz de Castillogrande (1st ed.). Cartagena de Indias.

Gonzalez, J. (2009). Energías Renovables (2nd ed., pp. 46,47). Barcelona: Reverté SA.

Labandeira, X., Linares, P., & Würzburg, K. (2009). Energías renovables y cambio climático. Cuadernos Económicos De ICE, 83. Recuperado el 3 de Mayo del 2020 [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54163642/Energias\\_renovables\\_y\\_cambio\\_climtico20170817-2568-7sbb7b.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54163642/Energias_renovables_y_cambio_climtico20170817-2568-7sbb7b.pdf)

Larrain, S., Stevens, C. y Paz, M. (2002). Las fuentes renovables de energía y el uso eficiente. Chile: LOM Ediciones. Recuperado el 3 de Mayo del 2020 de [http://www.archivochile.com/Chile\\_actual/patag\\_sin\\_repre/03/chact\\_hidroy-3%2000010.pdf](http://www.archivochile.com/Chile_actual/patag_sin_repre/03/chact_hidroy-3%2000010.pdf)

Leiva-Seguel, E. (2009). Energía Rural Renovable: Alternativa de abastecimiento en sectores aislados de Magallanes. Recuperado el 3 de Mayo de 2020, de [http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/leiva\\_seguel\\_2009.pdf](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/leiva_seguel_2009.pdf)

Los costos de la energía fotovoltaica. (2020). Salvado, 9 June 2020, tomado de <https://energiasolarfotovoltaica.org/los-costos-de-la-energia-fotovoltaica>

Ministerio de Minas y Energía Decreto Número 2143, 04 de noviembre 2015, Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014. Disponible en:

[http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/normativa\\_ambiental/decreto\\_2143\\_04\\_noviembre\\_2015.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/normativa_ambiental/decreto_2143_04_noviembre_2015.pdf) Fecha de consulta: 29 de abril 2020.

Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP). Invierta y Gane con Energía Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Disponible en:

[https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf) Fecha de consulta: 29 de abril 2020.

Rodríguez, M. Castro, M. Vázquez, A. Vilaragut, M. (2013). Sistemas Fotovoltaicos Y La Ordenación Territorial. Ingeniería Energética Vol. XXXIV, No. 3 / 2013 p. 247 – 259.

Rúa, E. Barrera, A. Gómez, M. (2016). Análisis Técnico, Socioeconómico Y Ambiental, De La Electrificación Con Energía Solar Fotovoltaica Aislada Para Vivienda Rural En Hato Corozal, Casanare, Colombia. Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías –ECBTI. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Yopal, Casanare. Colombia.

Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, P (2003). Metodología de la investigación (19). McGrawHill. Disponible en:

<http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>

Seco, Dr. M. (2007). Análisis de Inversiones.

Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Bogotá.

*United States Department of Commerce. (2014). Understanding Power Purchase Agreements.* Obtenido de <https://cldp.doc.gov/>

Vergara, W. Alatorre, C. Alves, L. (2013). Rethinking Our Energy Future. Inter-American Development Bank (Banco Interamericano de Desarrollo).

Villada, F. López, J. Muñoz, N. (2017). Effects of Incentives for Renewable Energy in Colombia (Efectos de los Incentivos para Energías Renovables en Colombia). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.