



Vigilada Mineducación

**Financiación a través de microfinanciación colectiva para proyectos corporativos de  
generación energética vía sistemas fotovoltaicos**

**Por**

**Ricardo Mesa Quintero**

**Daniel Villegas Gaviria**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
magíster en Administración Financiera

Asesor

M. Sc. Juan Carlos Botero Ramírez

UNIVERSIDAD EAFIT

Medellín, abril, 2022

© 2022 por Ricardo Mesa Quintero y Daniel Villegas Gaviria

Todos los derechos reservados

## Resumen

En este trabajo se evaluó la viabilidad financiera y operativa del financiamiento a través de un modelo de tipo financiación colectiva de proyectos de generación energética vía un sistema de paneles fotovoltaicos para compañías del sector productivo en Antioquia.

Se formuló una empresa nueva cuya propuesta de valor se centre en articular compañías con un consumo energético mensual dentro de un rango estipulado y que cuenten con la estructura necesaria para implementar un proyecto conjunto con personas naturales o jurídicas que dispongan de excedentes de liquidez, de modo que se vele por la adecuada estructuración financiera, legal y operativa de los proyectos, así como por su administración durante el período efectivo de los contratos.

Para contextualizar, se abordaron detalles técnicos referentes a los sistemas de generación, se analizó el ahorro potencial en términos monetarios para las compañías que implementen el sistema y se expusieron los rangos de rentabilidad estimada para los inversionistas.

**Palabras clave:** financiación, financiación colectiva, empresas, energía fotovoltaica, sostenibilidad.

### ***Abstract***

*This research will discuss the financial and operational viability of financing renewable photovoltaic energy projects for production companies in Antioquia, through a crowdfunding model.*

*A business model for a new company will be tested. Their value proposition would be upon connecting companies with defined monthly energy needs, that have right infrastructure for the solar projects, with people willing to invest. In between, taking care of the legal, financial, and operational infrastructure. After the system is installed, the company will also manage the projects during all the contract life.*

*The research will discuss some technical details behind the photovoltaic systems and will estimate the returns for both companies, in terms of savings, and the investors.*

***Key words:*** *financing, crowdfunding, corporations, photovoltaic energy, sustainability.*

## Tabla de contenido

Lista de tablas .....	6
Lista de figuras .....	7
Capítulo 1: introducción .....	8
Capítulo 2: marco teórico .....	11
2.1. Financiación colectiva .....	11
2.1.1. Financiación colectiva de recompensa .....	11
2.1.2. Financiación colectiva de préstamo .....	12
2.1.3. Financiación colectiva de inversión .....	14
2.1.4. Financiación colectiva de donación .....	16
2.1.5. Principales plataformas de financiación colectiva .....	17
2.1.6. Riesgos principales de la financiación colectiva de inversión .....	18
2.2. Generación energética a través de paneles fotovoltaicos .....	19
2.2.1. Tecnología .....	20
2.2.2. Capacidad de generación estimada .....	22
2.2.3. Costos de los paneles .....	23
Capítulo 3: metodología .....	25
3.3. Contexto .....	25
3.3. Contratos .....	25
3.3. Patrimonio autónomo - Vehículo de inversión .....	26
3.4. Contratos con los clientes (usuarios de la energía) .....	27
3.5. Comercialización y mercado secundario para inversionistas .....	28
3.6. Reparto de utilidades para inversionistas .....	29
3.7. Riesgo de crédito .....	30
3.8. Renta variable .....	33
3.9. Modelo financiero .....	34
Capítulo 4: resultados .....	35
Capítulo 5: conclusiones y recomendaciones .....	44
Referencias .....	46

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Diferentes métodos de financiación colectiva.....	11
<b>Tabla 2.</b> Capacidad de generación por cada panel fotovoltaico .....	23
<b>Tabla 3.</b> Análisis del riesgo de crédito .....	31
<b>Tabla 4.</b> Retorno del Colcap entre el 22 de marzo de 2017 y el 22 de marzo de 2022 .....	34
<b>Tabla 5.</b> Precios de energía eléctrica (\$/kWh) de EPM entre enero de 2018 y febrero de 2022 .....	36
<b>Tabla 6.</b> Precio estimado de venta en 2022 .....	38
<b>Tabla 7.</b> Simulación de la generación energética del proyecto .....	39
<b>Tabla 8.</b> Costo estimado de estructuración por proyecto para la cantidad de 250 paneles .....	39
<b>Tabla 9.</b> Rentabilidad y contribución estimada por proyecto en el año 1 .....	40
<b>Tabla 10.</b> Sensibilidades de la facturación y la tasa de descuento por kWh .....	42
<b>Tabla 11.</b> Sensibilidades de la rentabilidad estimada.....	43

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> The Frenchie - Campaña "SpeedWallet" .....	12
<b>Figura 2.</b> Cifras históricas plataforma MesFix - Financiación colectiva de préstamo .....	13
<b>Figura 3.</b> Hotel 14 Clinton Street - Financiación colectiva de inversión .....	14
Figura 4. Hotel 4 Clinton Street - Financiación colectiva de inversión .....	14
<b>Figura 5.</b> Rentabilidad estimada Hotel 14 Clinton Street - Financiación colectiva de inversión .....	15
<b>Figura 6.</b> Los Danieles- Financiación colectiva de donación .....	17
<b>Figura 7.</b> Panel solar .....	21
<b>Figura 8.</b> Producción de paneles solares por país .....	22
<b>Figura 9.</b> Capacidad instalada en Estados Unidos y precio promedio por vatio .....	24
<b>Figura 10.</b> Precio diario del Colcap entre el 22 de marzo de 2017 y el 22 de marzo de 2022 .....	33
<b>Figura 11.</b> Irradiación promedio anual en Antioquia (kWh/m <sup>2</sup> /día) .....	37

## Capítulo 1: introducción

A medida que la población global crece, así mismo lo hace la huella de carbono que se le genera al planeta. Lo anterior, entre otras razones, se basa en la necesidad de recursos (en su mayoría limitados) que requiere la población para subsistir: alimentos, agua potable y energía. Por otro lado, también aumenta la consciencia colectiva en torno al impacto del ser humano en la Tierra y, por ende, cada vez más personas quieren reducir dicho impacto vía acciones tangibles consideradas “amigables con el medio ambiente”. Una de ellas es la generación energética por medio de métodos renovables, cuyo impacto negativo para el planeta es significativamente menor al de otros métodos de generación, como lo son los que utilizan combustibles fósiles.

Una de las principales limitantes asociada con la generación energética mediante fuentes renovables es su costo de implementación. En el caso puntual de los paneles fotovoltaicos, cuya fuente de generación es la radiación solar, la inversión inicial en el sistema completo representa un reto financiero para un sinnúmero de personas naturales o jurídicas que no cuentan con el capital suficiente para costear la instalación del sistema. Por otro lado, en el contexto de la economía colombiana, el acceso a financiación en el sistema financiero tradicional puede significar una restricción para muchos proyectos de este tipo.

Si se aborda con mayor detalle el aspecto financiero, desde la mirada de las empresas, conviene considerar las dos principales causas que limitan dicha implementación a través de un crédito. La primera es la falta de capacidad de endeudamiento de las compañías, sea por no contar con los activos de respaldo o por otro requisito del sistema bancario. La segunda se refiere al costo de oportunidad, entendido desde la perspectiva de la inversión con capital propio o a partir de la utilización de los cupos de endeudamiento establecidos para un proyecto de generación energética. Algunas compañías, al analizar su plan de negocio, su capacidad de endeudamiento

y sus márgenes de rentabilidad, pueden evidenciar una rentabilidad superior en inversiones relacionadas con su objeto social, por ejemplo, en maquinaria. En dicho escenario, la financiación del proyecto energético no le agrega el mismo valor económico a la compañía, y por ende, no se implementa.

En los últimos años, apalancado por la conectividad que trajo consigo la masificación de internet, se popularizó el término *crowdfunding*, cuya traducción en español es financiación colectiva. Lo anterior implica, por un lado, la democratización de la inversión para todo tipo de personas y, por el otro, una puerta de financiación alternativa al sistema bancario tradicional. Hoy en día, millones de personas pueden invertir en proyectos en diferentes países, inclusive sin tener que salir de su hogar (Lu *et al.*, 2018).

Se evidencian, entonces, dos situaciones; en primer lugar están las empresas que quieran encontrar un ahorro en su factura de energía sin la necesidad de disminuir su consumo, ni incurrir en gastos de capital y, en segundo, las personas naturales que tengan excedentes de caja y quieran invertir en proyectos con un riesgo bajo-moderado y que tengan una rentabilidad mayor a la de las inversiones de renta fija (Bento *et al.*, 2019a).

En el presente trabajo se abordó la viabilidad financiera y la generación de valor para los diferentes implicados en la estructuración de proyectos de generación energética a través de sistemas fotovoltaicos. Se calcularon el ahorro estimado para las compañías, el potencial de la financiación vía el modelo de financiación colectiva y la rentabilidad estimada para una compañía cuya propuesta de valor sea articular ambos actores mediante la estructuración de proyectos que cuenten con la adecuada estructuración financiera, legal y operativa.

El alcance del trabajo se limitó al análisis de las eficiencias en costos que podrían generarle la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos a una compañía, ejemplificada con una ubicación geográfica de referencia en el departamento de Antioquia, Colombia. Cabe resaltar que empresas en otros sitios también podrían beneficiarse y generar ahorros en el gasto

promedio mensual energético; sin embargo, lo anterior está sujeto a su disponibilidad de la cantidad de metros cuadrados aprovechables para la instalación de los paneles, la facilidad de acceso a la radiación solar y el costo por kilovatio de su proveedor local de energía.

## Capítulo 2: marco teórico

### 2.1. Financiación colectiva

Como antes se mencionó, el término en inglés es *crowdfunding*. Es un concepto que ha venido ganando fuerza en los últimos años como método de financiación alternativo a los créditos convencionales con entidades financieras. Lo que hace es conectar personas naturales con capacidad financiera para donar, prestar o invertir en algo específico con otras personas naturales o jurídicas con necesidades de capital. El auge de dicho método de financiación se apalancó, en parte, en el alcance global alcanzado por las iniciativas a través de internet (Bento *et al.*, 2019b).

**Tabla 1.** Diferentes métodos de financiación colectiva

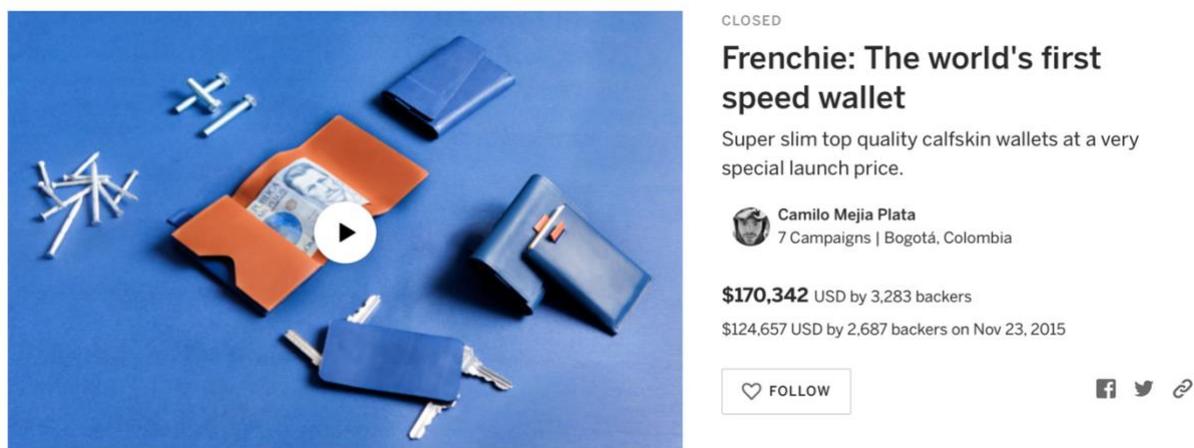
Tipo	Recompensa	Préstamo	Inversión	Donación
<b>Contraprestación</b>	Producto o servicio	El monto inicial prestado más un interés pactado	Acciones de la empresa o derechos sobre sus beneficios futuros	Satisfacción

Fuente: elaboración propia basada en Hernández Jiménez (2015)

#### 2.1.1. Financiación colectiva de recompensa

Es una modalidad utilizada en su mayoría para financiar productos o compañías nuevas en el mercado por medio de una campaña de expectativas o de mercadeo acerca del producto o de la

compañía en cuestión con la que se busca que las personas financien los costos y los gastos iniciales de operación. En retorno, los inversionistas recibirán, en un marco de tiempo determinado, el producto o podrán acceder a un servicio proveniente de la compañía que financiaron mediante financiación colectiva de recompensa. En otras palabras, esta modalidad puede considerarse una precompra.



**Figura 1.** The Frenchie - Campaña "SpeedWallet"

Fuente: Mejía Plata (2022)

Como ejemplo, una compañía colombiana logró recaudar cerca de USD170.000 a través de una campaña en la plataforma Indiegogo en el año 2015. Los emprendedores, radicados en Bogotá, tuvieron la idea de una billetera diferente porque tenía atributos innovadores en el tamaño, la calidad de sus materiales y la velocidad de acceso al dinero y las tarjetas. Fue así como 2.687 personas financiaron la producción de dicha billetera, en contraprestación a recibir una unidad cuando estuvieran listas (Mejía Plata, 2022).

### 2.1.2. Financiación colectiva de préstamo

Esta modalidad de financiación colectiva busca de alguna manera prescindir de la intermediación del sistema bancario en el proceso de colocación de excedentes de capital de los individuos y la generación de créditos con dicho capital a personas naturales o jurídicas con necesidades de liquidez. En este caso, una plataforma de financiación colectiva se encarga de unir dichas puntas de modo que los inversionistas acceden a prestar su dinero a cambio, como es de esperar, de una tasa de interés, rentabilidad que, su vez, será pagada por las personas que necesitan dicho capital. En este caso es muy relevante la cuantificación del riesgo por parte de las plataformas y los inversionistas a la hora de evaluar las solicitudes de créditos por parte de los implicados (MesFix, s.f.).



**Figura 2.** Cifras históricas plataforma MesFix - Financiación colectiva de préstamo

Fuente: MesFix (s.f.)

En el caso de la plataforma colombiana MesFix, que cuenta con el apoyo de entidades como el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), la Cámara de Comercio de Bogotá y el Fondo Nacional de Garantías, los inversionistas financian a compañías con necesidades de liquidez a través de préstamos de corto y de mediano plazo. Con más de

5.000 inversionistas hasta la fecha, la recompensa para ellos es su capital invertido más un interés determinado en línea con el plazo del préstamo (MesFix, s.f.).

### 2.1.3. Financiación colectiva de inversión

Este método de financiación lo utilizan en su mayoría empresas en etapa temprana (*startups*) que buscan obtener un capital de trabajo para poder operar y crecer sus modelos de negocio. A diferencia de los otros métodos descritos, los emprendedores no ofrecen un producto ni el dinero retornado con un interés al cabo de un marco de tiempo determinado, sino que se ofrecen acciones de la firma. En otras palabras, las compañías buscan financiación por medio de aumento de patrimonio y los inversionistas procuran obtener una rentabilidad porque le apuestan al éxito de la compañía y, por ende, a un incremento en el valor de sus acciones en ella (Bento *et al.*, 2019b).

**COPROPIEDAD**  
 NUEVO / COMERCIAL  
**14 Clinton Street**  
 Compra 2 • NY • Por Chapter Real Estate

Ver fotos

Local comercial a pie de calle, en una de las zonas de mayor crecimiento de Manhattan: El Lower East Side. Obtén rendimientos dolarizados por las rentas y la plusvalía generada por un local ya adaptado para un restaurante.

Instrumento	Participación en fideicomiso Coproiedad	Mínimo para invertir	\$1,000
Plazo estimado	5.0 años	Comisión briq.mx	Capital: 1% simple Rentas: 10% simple
Pago de rendimientos	Conforme flujo	Respaldo	Patrimonio del fideicomiso

**Figura 3.** Hotel 14 Clinton Street - Financiación colectiva de inversión

Fuente: briq.mx (s.f.)

Otra alternativa de financiación colectiva de inversión es la aplicado en el sector inmobiliario. En este caso, los desarrolladores de proyectos lanzan una campaña para recoger fondos y poder materializar la construcción de un proyecto específico. En retorno, los inversionistas recibirán acciones del vehículo legal que será el dueño del inmueble (por lo general son utilizados fideicomisos o sociedades por acciones simplificadas), lo que los hará acreedores de un porcentaje, por medio de dividendos, a la hora de vender o de alquilar el inmueble construido (briq.mx, s.f.).



**Figura 5.** Rentabilidad estimada Hotel 14 Clinton Street - Financiación colectiva de inversión

Fuente: briq.mx (s.f.)

En el hotel 14 Clinton Street, cuya construcción se proyectó en la ciudad de Nueva York, es posible adquirir una participación en el fideicomiso que desarrollará el proyecto a través de la

plataforma mexicana de financiación colectiva de inversión inmobiliaria briq. En este caso, como se observa en la figura 3, los inversionistas podrán esperar recibir alquileres acordes con los flujos del arrendamiento de un local comercial en Manhattan que tienen como respaldo de la inversión una participación en el patrimonio del fideicomiso dueño del establecimiento. En la figura 4 se destaca el rango de rentabilidades estimado en tres escenarios, así como el monto mínimo de inversión en pesos mexicanos (briq.mx, (s.f.).

#### 2.1.4. Financiación colectiva de donación

La principal diferencia con los otros tipos de financiación colectiva antes mencionados es que las personas no reciben ningún tipo de recompensa respecto al monto financiado. Una característica de los proyectos que se acogen a dicha modalidad de financiación es que no tienen ánimo de lucro porque en su mayoría buscan apoyar causas benéficas, a personas o comunidades en situaciones de necesidad o a la conservación del medio ambiente, animales y flora, entre otras posibilidades.



Los Danieles somos unos columnistas sin techo cuyas únicas tejas son ustedes, los lectores. Algunas personas poderosas preferirían que no escribiéramos, pero seguimos gracias a su apoyo. Estos aportes construyen el techo para la seguridad de nuestra página, que sufre repetidos ataques cibernéticos; para mantener el equipo técnico, que hace posibles las transmisiones del canal; para apoyar el equipo de diseño, gerencia y redes sociales; para financiar investigaciones y albergar nuevas plumas; y para que columnistas y colaboradores de Los Danieles no se queden a la intemperie.

**Figura 6.** Los Danieles- Financiación colectiva de donación

Fuente: Vaki (2022)

En el caso especial de la empresa de medios digitales de comunicación Los Danieles, procura recibir donaciones a través de la plataforma de financiación colectiva de donación Vaki. Se trata de un grupo de periodistas colombianos que trabajan de manera independiente, sin ninguna afiliación a una casa editorial o medio de comunicación y, por ende, buscan donaciones de las personas como apoyo a su forma de hacer periodismo. En contraprestación, los donantes a la causa obtendrán la satisfacción de que ayudaron a financiar y a operar un periodismo independiente (Vaki, 2022).

**2.1.5. Principales plataformas de financiación colectiva**

Dependiendo del tipo de financiación colectiva que se busque, así como de la ubicación geográfica de las personas, existen múltiples plataformas cuyo único objetivo es unir dos puntas, es decir, inversionistas con proyectos, causas o empresas. Hay unas plataformas locales, como lo es a2censo en Colombia, que desde 2020 opera con el propósito de generar oportunidades de inversión de bajo monto y financiación, en lo primordial para las pequeñas y medianas empresas (pymes). Forma parte de la Bolsa de Valores de Colombia, lo que les da respaldo y confianza, tanto a los emprendedores como a los inversionistas (a2censo, s.f.).

En torno a las opciones globales, las principales plataformas se categorizan por el volumen de campañas financiadas o por su método de operación (de donación, por recompensa, de inversión o de préstamo). Con cerca de trece años en el mercado y más de 211.000 campañas financiadas por un valor superior a los USD6.200 millones, la plataforma Kickstarter es una de las principales en el mundo (Statista, 2022).

Otra de las principales compañías se llama Indiegogo, con cerca del mismo tiempo de existencia que Kickstarter y alrededor de 19.000 campañas nuevas mensuales. Las principales diferencias entre las plataformas radican en los costos de intermediación y financieros de las transacciones, que pueden oscilar entre el 3% y el 5%, dependiendo de la naturaleza y del volumen de los proyectos (Statista, 2022).

### **2.1.6. Riesgos principales de la financiación colectiva de inversión**

En el caso de estudio se utilizó el modelo de financiación colectiva de inversión con enfoque en el sector inmobiliario, que consiste en ofrecer unos derechos fiduciarios con una rentabilidad esperada por el tiempo que dure el contrato. Para ello se crea un patrimonio autónomo y se administran los recursos a través de este vehículo. Los riesgos principales para los inversionistas son:

- Insolvencia o cierre de la empresa que tomará el servicio de energía.
- Daños en la infraestructura de los paneles que no puedan repararse y que no permitan continuar con el contrato de venta de energía, lo que implicaría hacer una nueva inversión, que no se contempló en lo ofrecido al comienzo.
- Factores climáticos que imposibiliten la generación de energía necesaria para la venta. Esto es poco probable dadas las condiciones de exposición a la radiación en el departamento de Antioquia en 2022.
- Regulaciones gubernamentales que tengan tributación y que impidan prestar el servicio con el esquema planteado de autogeneración y sin pago por uso del sistema interconectado nacional.

El riesgo más grande y de mayor impacto es de la insolvencia o el cierre de la empresa que compre la energía. Al respecto, el estudio previo de cada cliente en cuanto a sector económico

al que pertenece, proyección de crecimiento en utilidades y en generación de caja, ubicación geográfica y resultados económicos y financieros de la empresa son clave para minimizar dicho riesgo y gestionarlo día a día.

Cabe resaltar que el mencionado método alternativo de financiación tiene una estructura que puede representar un riesgo superior a otras alternativas de inversión para las personas, que se compensaría en forma eventual por una rentabilidad esperada mayor, tal como se comenta al final de este párrafo. Por otro lado, para las compañías o las personas naturales que buscan financiarse, esta alternativa de financiamiento representa un reto completamente distinto, de cara a captar la inversión requerida (Sahm *et al.*, 2014). A diferencia de la financiación tradicional, que solicita estados financieros y garantías, entre otras informaciones, dicho método de financiación puede apalancarse en el mercadeo, en redes sociales y en otras campañas para capturar el interés, la confianza y el dinero de los inversionistas. Esa falta de información específica de los proyectos de inversión, o de las personas o las empresas detrás de ellos, generan un nivel de riesgo adicional para los inversionistas (Cumming *et al.*, 2017).

## **2.2. Generación energética a través de paneles fotovoltaicos**

Es un método de generación energético que no es nuevo en el país. Sin embargo, en los últimos años la reducción significativa en los costos de los paneles solares por kilovatio generado y el incremento en la capacidad de generación por metro cuadrado instalado se ha traducido en una viabilidad financiera superior para la adopción de dicha tecnología (Sarkar *et al.*, 2021).

A lo anterior se le suma un contexto social en el que las personas cada vez son más conscientes del medio ambiente con el propósito de así aportar a su cuidado (Montoya-Duque *et al.*, 2022). Por otra parte, se evidenciaron unos costos energéticos crecientes por parte de los proveedores de energía local (EPM, 2022).

Los factores antes mencionados son algunas de las principales razones del auge que hoy se vive en el país en la autogeneración a través de sistemas fotovoltaicos. Las personas naturales o jurídicas pueden obtener un retorno de su inversión atractivo (Henaó, y Dyner, 2020), debido al ahorro económico en el consumo energético mensual y, a su vez, le aportan al medio ambiente vía la generación con un método limpio (Montoya-Duque *et al.*, 2022).

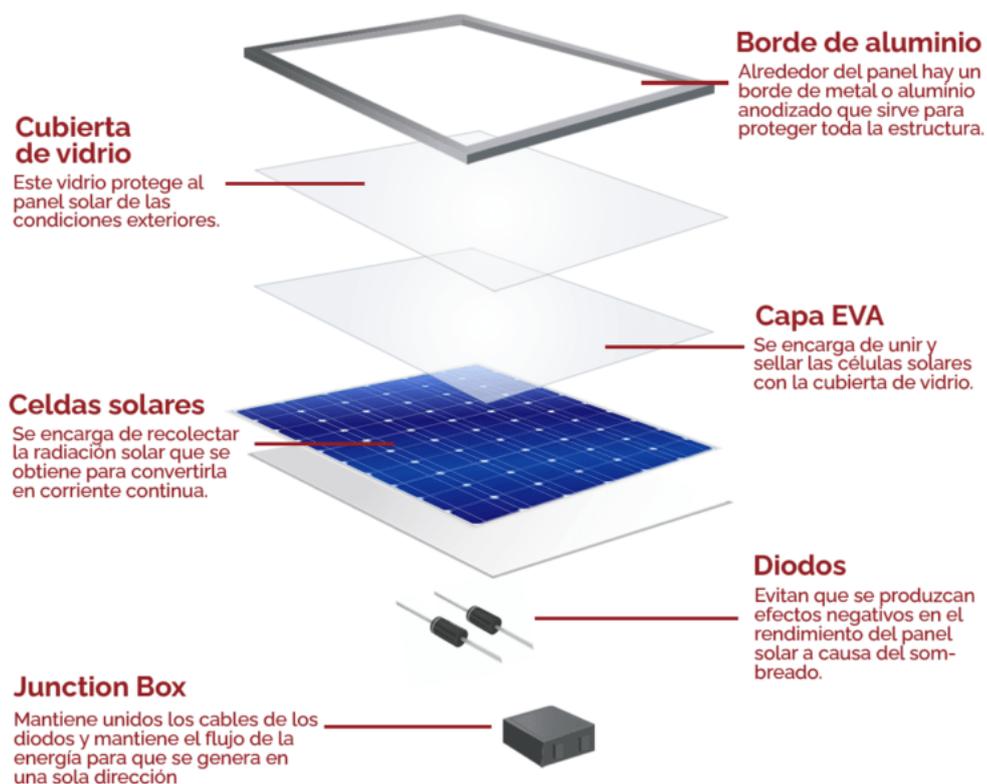
En cuanto al detalle de los proyectos, su fase principal es la instalación. Se deben analizar la disponibilidad de radiación solar, la cantidad de metros cuadrados aprovechables y, claro está, la necesidad energética por cubrir (León-Vargas *et al.*, 2019). Más allá de eso, existen múltiples modelos que pueden instalarse, por ejemplo, interconectados a la red de la ciudad, aislados, con baterías, sin baterías, entre otros (Montoya-Duque *et al.*, 2022).

Una vez entendidos los factores asociados con la instalación, y si se supone que se cuenta con el capital para respaldar el proyecto, se está listo para proceder a la ejecución con un equipo de instaladores expertos.

En el modelo del caso de estudio se requiere una segunda fase, que es la de administración y la facturación del número de kilovatios consumidos por las compañías cada mes a través de la empresa de intermediación planteada.

### **2.2.1. Tecnología**

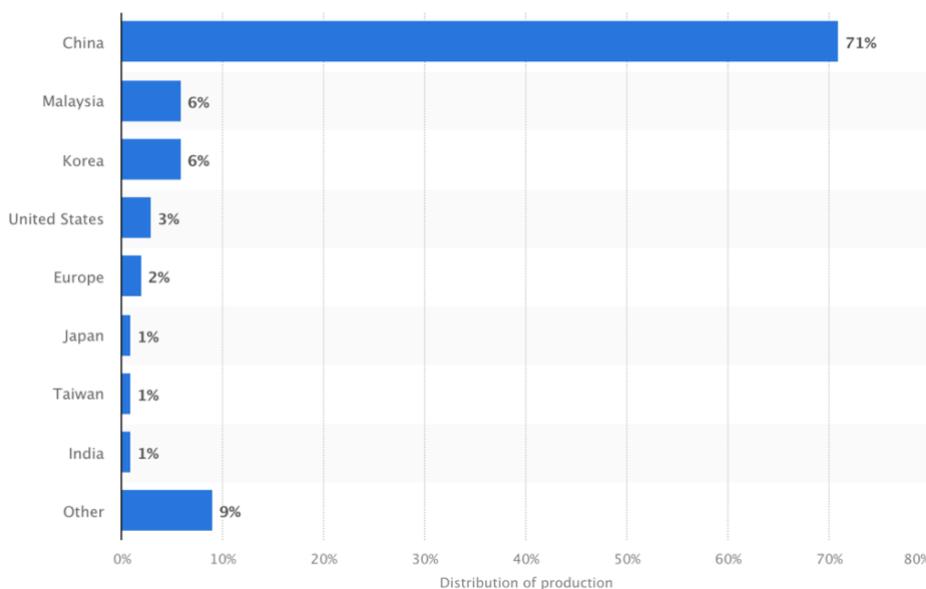
La premisa subyacente a la generación energética mediante paneles fotovoltaicos se basa en utilizar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica. Esta energía, luego de ser recibida por las celdas solares del sistema, se transforma, por medio de semiconductores, en corriente continua y, de manera eventual, se almacena en baterías para su uso (Mesa Murillo y Flórez Isaza, 2018).



**Figura 7.** Panel solar

Fuente: Solarama® (2022)

Un panel solar se compone de múltiples componentes que habilitan su correcto funcionamiento. Como se observa en la figura 6, cada panel cuenta con elementos de protección, como lo son la cubierta de vidrio y el borde de aluminio, que, junto con la capa de EVA (copolímero de etileno y acetato de vinilo), sellan y resguardan las celdas solares que, en últimas, reciben la energía solar y la transforman en corriente continua. Por último, los diodos y la caja de empalmes se encargan de que la energía fluya en una sola dirección, sea para utilizarla de inmediato, para almacenarla en baterías o para entregarla a la red eléctrica local por medio de un sistema interconectado (Solarama®, 2022).



**Figura 8.** Producción de paneles solares por país

Fuente: Statista (2022)

En los últimos años, ante la masificación de producción de paneles solares y el incremento en la capacidad de generación mediante celda fotovoltaica, los costos de implementación de dichos sistemas han disminuido y, por ende, se ha incrementado su atractivo como una inversión en el sector industrial. Lo anterior ha estado en buena parte impulsado por China, país que en 2019 fue el principal productor mundial de paneles solares, con una participación de mercado cercana al 70% (Statista, 2022).

### 2.2.2. Capacidad de generación estimada

En la actualidad se pueden encontrar en el mercado paneles solares de diferente capacidad de generación. Normalmente ésta oscila entre 250 Watts, hasta los 1.000 Watts por hora, dependiendo de la radiación en la ubicación geográfica de la instalación. Claro está, la mayoría

de los productores cobran cada panel solar con un precio fijo asociado por cada vatio generado, y por lo tanto, cuanto mayor sea la capacidad de generación, mayor será el costo de adquisición por panel (Statista, 2022).

**Tabla 2.** Capacidad de generación por cada panel fotovoltaico

Capacidad del panel (vatios)	Número de horas diarias de sol	Generación diaria (vatios hora)	Generación diaria (kilovatios hora)
250	6	1.500	1,5
330		1.980	1,98
500		3.000	3,0
1.000		6.000	6,0

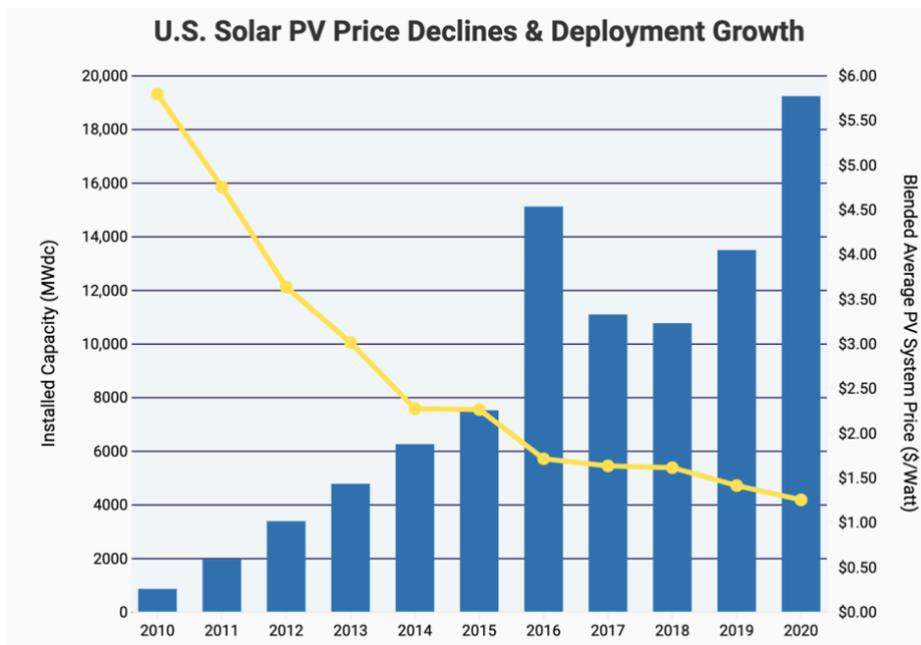
Fuente: elaboración propia basada en López Llano y López Llano (2017)

En la tabla 2 se observa la capacidad de generación de un solo panel fotovoltaico por día, con base en un supuesto de seis horas de radiación solar. Cabe aclarar que en dicha estimación no se tuvieron en cuenta la ubicación geográfica del panel, la época del año, el nivel de la radiación solar y el porcentaje de pérdida en la generación.

### 2.2.3. Costos de los paneles

A partir de la masificación de la tecnología de las celdas solares, en los últimos diez años se destaca una disminución sustancial en el costo por cada vatio generado por cada panel solar.

Como se observa en la figura 8, hay una relación inversamente proporcional entre el precio estimado por cada vatio generado y el crecimiento de la capacidad de generación instalada, en este caso, como ejemplo puntual, en Estados Unidos (SEIA, 2022).



**Figura 9.** Capacidad instalada en Estados Unidos y precio promedio por vatio

Fuente: SEIA (2022)

Mientras en el año 2010 el precio por vatio en Estados Unidos se acercó a los USD6, a finales de 2020 se aproximó a los USD1,25. En cuestión de una década hubo una reducción en los costos por vatio de los paneles del orden la una quinta parte. Hoy en día hay fabricantes en China, como BlueSun Solar, que ofrecen paneles con precios desde USD0,50 por cada vatio generado (Bluesun Solar Group (s.f.)).

En el el caso puntual de Colombia, se venden, por ejemplo, paneles solares de comercialización local en almacenes de cadena a COP610.900, de tipo policristalino, con una capacidad de generación de 330 vatios, lo que conduce a un costo por vatio de COP1.851. Cabe resaltar que

se ejemplificó el precio de solo un panel, comprado en un almacén de cadena a principios del año 2022 (Homecenter, s.f.). Con los precios que tenga una empresa especializada en la instalación de paneles fotovoltaicos para un proyecto que involucre la compra de múltiples unidades el costo por vatio podría disminuir.

## **Capítulo 3: metodología**

### **3.3. Contexto**

Se identificó una oportunidad de obtener eficiencias en los gastos de consumo de energía de diferentes compañías a través de una inversión en un sistema de paneles fotovoltaicos para la generación energética propia. Sin embargo, para poder ejecutarlo se reconoció una barrera de entrada en términos de la inversión inicial que se requiere, lo que redujo las posibilidades de realizar dicho proyecto de autogeneración energética.

La solución que se propuso a dicho problema financiero fue la de conseguir el capital requerido para el montaje del sistema de autogeneración por medio de inversionistas externos: personas naturales o jurídicas con excedentes de capital. En otras palabras, se planteó estructurar un vehículo de inversión con un riesgo entre bajo y moderado que ofrezca una rentabilidad atractiva para inversionistas al financiar la instalación del sistema de generación y de paneles en compañías.

### **3.3. Contratos**

Para materializar la inversión se propuso la vinculación de los consumidores de energía (empresas) y de los inversionistas a través de un contrato de prestación del servicio de energía

de largo plazo, que se estimó en quince años como mínimo. El contrato consiste en acordar la venta de energía, generada a través de los paneles fotovoltaicos, con precio menor que el ofrecido por el proveedor local de energía.

El contrato de vinculación se suscribiría entre las empresas y el patrimonio autónomo, que sería el encargado de suministrar el servicio de energía a través de los paneles fotovoltaicos. Hoy en día estos contratos de compra de energía se conocen como PAA (por las siglas de la expresión en inglés *power purchase agreement*), que se convierte en un nuevo modelo de financiación para ofrecer a los consumidores los beneficios de la energía solar fotovoltaica de tal modo que se eviten los costos iniciales de compra e instalación de paneles solares (López Llano y López Llano , 2017).

### **3.3. Patrimonio autónomo - Vehículo de inversión**

El vehículo de inversión funcionará a través de un fideicomiso, el patrimonio autónomo, con sus respectivos derechos fiduciarios para cada cliente, con lo que se busca tener claridad y transparencia en la administración de los recursos. Con esto se espera generar confianza entre los inversionistas y, a su vez, abrir un mercado secundario, lo que se confía que facilite la comercialización y haga más atractiva la inversión.

Los dueños o accionistas del patrimonio autónomo serán los inversionistas, que tendrán unos derechos fiduciarios que los hacen acreedores a una rentabilidad esperada por el monto de sus inversiones que apliquen en el contrato.

La figura jurídica del patrimonio autónomo tendrá como funciones las de administrar los recursos de los inversionistas y reportar periódicamente los resultados contables y financieros. Sin embargo, su principal función será brindarles seguridad jurídica a los inversionistas en

cuanto a que sus recursos están siendo administrados con transparencia y para el uso que los destinaron.

### **3.4. Contratos con los clientes (usuarios de la energía)**

El patrimonio autónomo será el dueño de los paneles fotovoltaicos y de la energía que produzcan. Con el fin de que los inversionistas obtengan una rentabilidad mínima, se buscará prestar el servicio de energía a las empresas que tengan un consumo mensual desde 10.000 kwh/mes, con lo que se espera atender un nicho significativo de compañías que podrían beneficiarse de los ahorros mensuales en su factura de energía sin necesidad de invertir capital en este sistema.

Según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, s.f.), en Colombia hay dos tipos de contratos para estos casos: pague lo contratado o pague lo demandado. La primera modalidad es un tipo de contrato en el que el comprador se compromete a pagar un porcentaje de lo contratado, con independencia de que en realidad sea lo consumido, mientras que el vendedor se compromete a tener a disposición del comprador el 100% de la cantidad contratada.

En la segunda modalidad el agente comprador solamente paga, con el precio de contrato, su consumo, siempre y cuando sea inferior o igual a la cantidad de energía contratada (tope máximo). Si el consumo es superior, la diferencia se liquida con el precio de la bolsa correspondiente, según se trate de transacciones domésticas o internacionales (CREG, s.f.).

En el presente caso se utilizó el PPA híbrido, que combina ambas modalidades. Los contratos tendrán una cláusula en la que el cliente se compromete a pagar únicamente lo que consuma, pero también tendrán otra en la que se dejará explícito un consumo mínimo de energía mensual que se compromete a consumir con el fin de garantizar un ingreso mínimo que permita hacer viable la inversión de los paneles y poder ofrecer una rentabilidad mínima para los

inversionistas. Los contratos serán vinculantes y de consumo exclusivo de las empresas contratantes. No podrán revender la energía. Se firmará un PPA de autogeneración, que no contará con excedentes de energía para vender en la bolsa del mercado eléctrico de Colombia porque será para uso exclusivo del cliente. Se considera que este tipo de PPA beneficia a ambas partes pues, por el lado del patrimonio autónomo, permite hacer viable el negocio y, por el lado del cliente (usuario de energía), le posibilita siempre tener un consumo mínimo de energía cuya tarifa estará por debajo de la del mercado.

Las empresas que utilizarán la energía deben facilitar el espacio físico para la instalación de los paneles. El mantenimiento de los paneles fotovoltaicos será responsabilidad exclusiva del patrimonio autónomo. El contrato lo podrá cancelar en forma unilateral ninguna de las partes y cualquier cancelación deberá ser acordada entre ellas. El precio de la energía siempre deberá estar por debajo del precio por kilovatio ofrecido por el proveedor local de energía, que en 2022 son las Empresas Públicas de Medellín (EPM). Estas tarifas serán las que marquen los ingresos del patrimonio autónomo. La rentabilidad de los inversionistas podría mejorar en función del alza en las tarifas, si eventualmente ello ocurre.

Todas las características antes mencionadas quedarán explícitas en el PPA firmado y, en caso de incumplimiento, se harán efectivas todas las cláusulas legales pertinentes.

### **3.5. Comercialización y mercado secundario para inversionistas**

Con el fin de atraer a la mayor cantidad posible de inversionistas, se ofrecerá el vehículo de inversión, que contará con la transparencia en la captación y la administración de los recursos. Además, los derechos fiduciarios funcionarán como se hace en los negocios inmobiliarios, es decir, que cada inversionista en cualquier momento puede ceder (vender) su participación y así tener la posibilidad de recuperar la inversión en el momento que lo necesite. Estas transacciones

se facilitarán en la plataforma propuesta, en la que también se informarán los resultados mensuales que se vayan obteniendo. Para comenzar se planteó que cada seis meses se haga una subasta para que los inversionistas que lo necesiten vendan sus derechos fiduciarios. Este manejo hará más visible la alternativa de inversión y le dará dinámica al mercado secundario. Sin embargo, es importante tener presente que, si en cualquier momento antes de llegar la fecha de la subasta, un inversionista desea vender sus derechos, lo podrá hacer, pero será él el encargado de conseguir el cliente y de hacer toda la negociación. En cualquier caso, dicha transacción deberá reportarse en la plataforma con el fin de contribuir a proveer mejor información al mercado sobre la formación del precio secundario de estos títulos.

Se pueden transar en cualquier época del año y se reconocerán los dividendos causados en la fecha de corte. La empresa de intermediación cobrará un 1% del valor del negocio y será la encargada de tramitar todo lo que se necesite para asentar en el patrimonio autónomo el cambio de titular en los derechos fiduciarios. Con esto se busca que este modelo de inversión sea líquido y que tenga un mercado secundario atractivo para los inversionistas.

Será una inversión con un riesgo entre moderado y bajo puesto que la fuente de pago de la inversión es el consumo de energía de las empresas, algo que es necesario para que puedan operar. Se identificó en este modelo de negocio que el riesgo más importante para supervisar es el de crédito de las empresas que compran la energía.

### **3.6. Reparto de utilidades para inversionistas**

El reparto de dividendos se hará de manera anual, luego del cierre de cada año contable. Se busca con esto regular la inversión y darle el mismo manejo que una inversión en títulos de renta fija o que la compra de acciones de una empresa.

### 3.7. Riesgo de crédito

En el análisis de la estructura del proyecto y de sus riesgos inherentes se consideró que el principal riesgo al que se exponen los inversionistas es el de crédito o impago de la energía facturada por parte de las compañías compradoras. Fuera de ello, se encontró la exposición a la falta de continuidad o la liquidación de la empresa y, por ende, la terminación anticipada del contrato de compra de energía pactado.

En el primer escenario, al presentarse una situación en el que se materialice el riesgo de crédito, se comprometen los flujos de caja y, en consecuencia, el pago de dividendos a los inversionistas.

En dicho escenario, en teoría se podría continuar con los contratos de venta de energía a la compañía, pero se afectarían la rentabilidad esperada por los inversionistas y el número estimado de períodos de recuperación de la inversión. El segundo escenario, en el que la compañía entre en un proceso de liquidación, significaría un cambio completo en el panorama de factibilidad, rentabilidad y dividendos para los inversionistas que financiaron la instalación de los paneles para la compañía en cuestión.

Si se tiene en cuenta que la rentabilidad de los inversionistas está atada con la proyección de flujos de caja de largo plazo, de 20 años, es fundamental, para que ellos obtengan en realidad el retorno estimado, que no se materialice ninguno de los dos escenarios antes mencionados: riesgo de crédito o liquidación de la compañía. Dado esto, para minimizar la exposición a dichos riesgos se debe realizar un estudio de factibilidad de cada una de las compañías a las que se les instalen los paneles. Es importante precisar que los inversionistas no estarán invirtiendo en un proyecto específico, sino que lo estarán haciendo en un portafolio, en el que se les presta el servicio energía a varias empresas, lo permitirá tener una mejor diversificación del riesgo. Por

último, los inversionistas estarían expuestos, en lo primordial, al riesgo sistémico del portafolio de proyectos y no al riesgo idiosincrático de un proyecto en específico.

**Tabla 3.** Análisis del riesgo de crédito

Variable	Nivel buscado	Cálculo
Tasa de endeudamiento	Inferior al 60%	Total de pasivos / Total de activos
Tiempo de existencia	Superior a cinco años	Fecha actual - fecha de constitución
Facturación anual	Superior a COP200.000.000	Ventas totales por año
Generación de valor (EVA)	Positivo los últimos cinco años (se excluyen 2020 y 2021 por la pandemia del covid-19)	$EVA = \text{Nopat} - (\text{capital invertido} * \text{WACC})$
Sector económico	De distribución, de almacenamiento, automotor, de manufactura, de servicios, financiero	
Calificación crediticia	Superior a 700 puntos	Cálculo de la compañía datacrédito experian

Fuente: elaboración propia

Se propuso, entonces, una metodología de análisis de las empresas que contenga tanto parámetros cualitativos como cuantitativos, de tal modo que en conjunto genere un entendimiento holístico de dichas compañías en torno a su capacidad de pago. En la tabla 3 se listan los parámetros por analizar en las firmas (datacrédito experian s.f.).

Con el análisis de la tasa de endeudamiento se buscó entender el nivel de apalancamiento financiero de las compañías y su estructura de capital. Las empresas con altos niveles de endeudamiento tienen un mayor riesgo financiero desde la perspectiva de sus obligaciones con los acreedores mensuales y, a su vez, un menor patrimonio para responderles ante una eventual liquidación. Con la antigüedad se procuró conocer la madurez de la firma y la validación de su producto o su servicio por parte del mercado. Con la segmentación por monto de facturación mínimo se intentó alcanzar un nicho de compañías con una magnitud de ingresos que valide también su producto o su servicio.

Por otro lado, más allá de la facturación y del nivel de endeudamiento, se buscaron compañías generadoras de valor, lo que se refleja en unos ingresos netos después de impuestos (Nopat) superiores a su costo de capital ponderado (WACC). Con el análisis del sector de la actividad económica principal se segmentaron las posibles compañías para el proyecto mediante las pertenecientes a los sectores que se proyecten en permanencia o expansión en el largo plazo. Además, contar con una diversificación de sectores económicos en el portafolio total de compañías en la que se realicen las inversiones le genera una disminución del riesgo inherente a todo el proyecto en cuestión. Por último, mediante el estudio del comportamiento de pago de la deuda con el sistema financiero a través del puntaje crediticio de las compañías se procuró descartar a las que no cuenten con un comportamiento de pago de deuda positivo.

Cabe resaltar que el análisis detallado de las variables listadas en la tabla 3 no elimina el riesgo de crédito, ni asegura la permanencia ni la operación de la compañía en el período proyectado en los contratos de 20 años. No obstante, en cambio sí busca generar un conocimiento de las empresas de acuerdo con diferentes variables que minimicen la exposición al riesgo en cuestión y, por ende, que la inversión sea más atractiva para todas las personas.

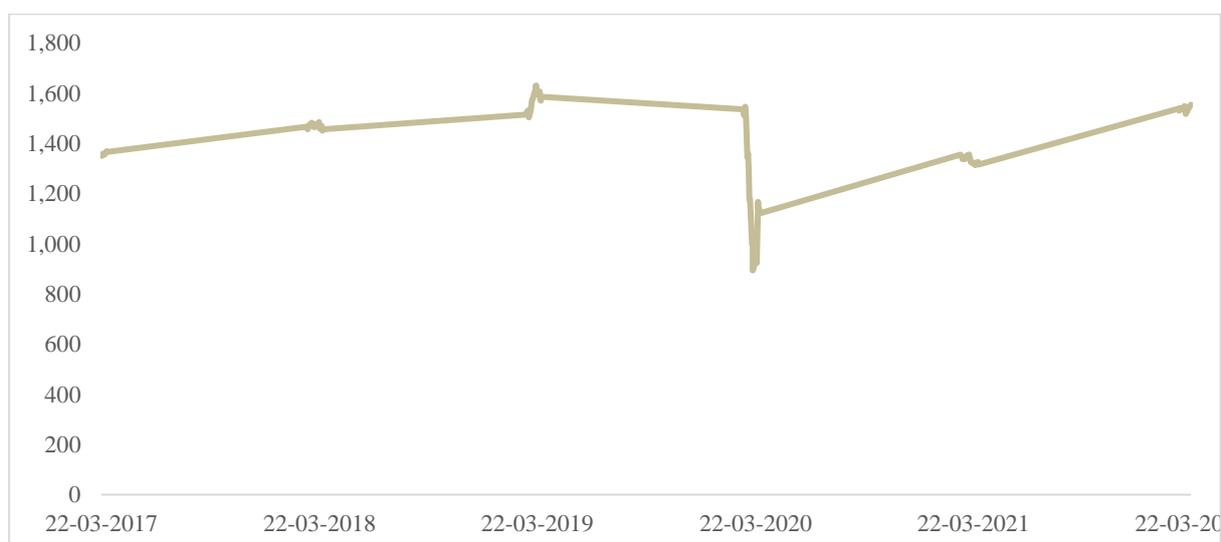
### 3.8. Renta variable

Para estudiar el atractivo que para las personas naturales o jurídicas con excesos de liquidez representaría invertir en la financiación de proyectos energéticos vía paneles fotovoltaicos, a través del vehículo de inversión en cuestión, se analizó la rentabilidad estimada del mercado accionario en Colombia.

Cabe resaltar que, al analizar el mercado de renta variable, los retornos pasados no determinan necesariamente el comportamiento futuro. Por otra parte, a diferencia del mercado de renta fija, en el caso específico del mercado de títulos valores de compañías listadas en bolsa se corre un riesgo inherente a su operación y a su capacidad de permanecer en el tiempo. Dicho riesgo es asume, a su vez, con los proyectos de energía solar en cuestión.

Dado lo anterior, se procedió a analizar un conjunto de las acciones más relevantes para la economía colombiana, representadas a través del índice Colcap.

**Figura 10.** Precio diario del Colcap entre el 22 de marzo de 2017 y el 22 de marzo de 2022



Fuente: elaboración propia basada en BVC (2022)

Como se observa en la figura 9, el rendimiento del Colcap (índice de acciones de la Bolsa de Valores de Colombia) no tuvo resultados atractivos en el período analizado, aunque la volatilidad sí fue alta, lo que permitió ver que, al menos en el período expuesto, en Colombia la inversión en el mercado de acciones fue poco atractiva para los inversionistas.

**Tabla 4.** Retorno del Colcap entre el 22 de marzo de 2017 y el 22 de marzo de 2022

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Total (anualizado)</b>
<b>Retorno porcentual del Colcap</b>	8,68	8,77	-42,42	43,52	17,88	2,85

Fuente: elaboración propia basada en BVC (2022)

Si se consideran los efectos de la pandemia del covid-19 en los mercados globales, se observan retornos atípicos en los años 3 y 4. Por ende, se analizó la variación total anualizada en un período de cinco años, desde el 22 de marzo de 2017 hasta el 22 de marzo de 2022. La variación en el caso del índice colombiano Colcap generó un retorno anualizado inferior al 3% efectivo anual. Para este modelo de negocio se espera una rentabilidad de los inversionistas entre el 0,8% y el 1,2% efectivo mensual.

### **3.9. Modelo financiero**

Los datos requeridos para plantear la solución del problema identificado para los grupos de interés son los siguientes:

- Capacidad estimada de generación energética a través de paneles fotovoltaicos para el área metropolitana de Medellín y sus alrededores, acorde con la radiación y con el número promedio de horas de sol para una localización determinada.
- Costos totales estimados de la instalación de un proyecto de paneles fotovoltaicos para un requerimiento de un número determinado de kilovatios.
- Tarifa por kilovatio estipulada por la compañía energética local, estimada para un estrato socioeconómico acorde con una localización determinada.
- Rentabilidades promedio ofrecidas en el mercado local para inversionistas con un grado alto de aversión al riesgo.
- Reglamentación y disposiciones de los contratos o los acuerdos de compra de energía de largo plazo.
- Reglamentación y disposiciones del fideicomiso.
- Reglamentación y disposiciones de los encargos fiduciarios, en especial en cuanto a tenencia y posible venta a terceros de los derechos fiduciarios.
- Entendimiento de la posición de las compañías respecto al proyecto en cuestión.
- Definición de los riesgos y elaboración del plan de acción, seguimiento y gestión.

Fueron relevantes para la estructuración del proyecto completo el entendimiento de la capacidad de generación del sistema de paneles fotovoltaicos adaptado a un punto de referencia en el departamento de Antioquia y las tarifas estimadas que ofrece en la actualidad el proveedor local de energía, entre los otros datos mencionados.

#### **Capítulo 4: resultados**

El punto de partida para evaluar la viabilidad del proyecto son las tarifas de energía del proveedor local que, para el caso del departamento de Antioquia, es Empresas Públicas de

2019						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precio	558	577	598	584	563	569
Incremento porcentual	0,01	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01
2019						
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
571	585	579	589	601	577	579
0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	-

Medellín E. S. P. (EPM, 2022), que debe contrastarse, claro está, con la capacidad de generación en un escenario de radiación solar promedio para Antioquia. En la tabla 5 se observa la evolución de las tarifas mensuales cobradas desde enero de 2018 hasta febrero de 2022. Hay que aclarar que dichas tarifas son las de uso no residencial y que suponen que la compañía cuenta con su propio transformador. Se destaca una variación mensual positiva respecto al mes inmediatamente anterior en la mayoría de los meses en estudio.

- Tarifa no residencial con transformador propio

**Tabla 5.** Precios de energía eléctrica (\$/kWh) de EPM entre enero de 2018 y febrero de 2022

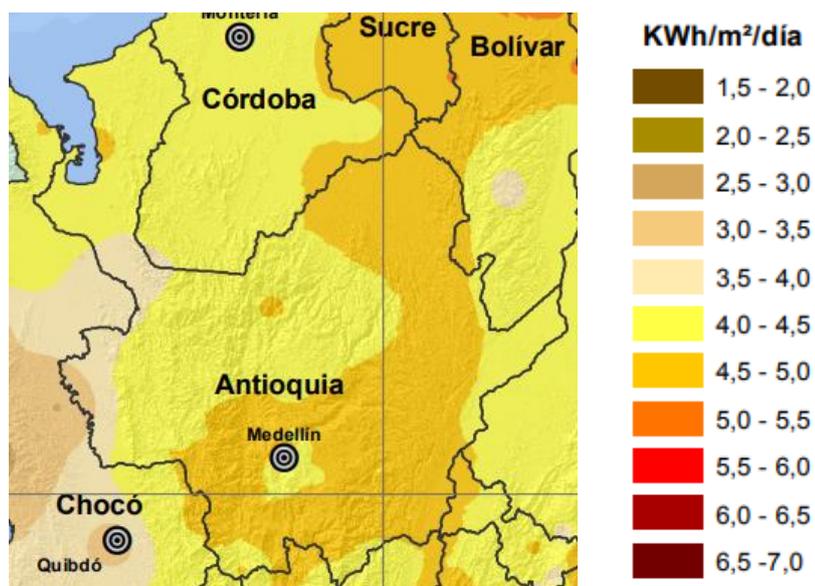
2018						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precio	519	527	549	541	525	542
Incremento porcentual	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,03
2018						
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
523	551	553	557	568	554	542
-	0,03	0,05	0,00	0,01	0,02	-
2020						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precio	579	625	625	625	625	625
Incremento porcentual	0,00	0,08	-	-	-	-
2020						

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
625	625	625	625	625	629	622
-	-	-	-	-	0,01	-

2021						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precio	632	636	639	643	647	651
Incremento porcentual	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2021						
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
655	659	664	669	675	680	654
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-

2022			
Mes	Enero	Febrero	Promedio
Precio	686	691	688
Incremento porcentual	0,01	0,01	-

Fuente: elaboración propia basada en EPM (2022)



**Figura 11.** Irradiación promedio anual en Antioquia (kWh/m<sup>2</sup>/día)

Fuente: Ideam (2022)

Después de entender los costos energéticos del proveedor local de energía se debe estudiar en detalle la capacidad de generación simulada de los paneles fotovoltaicos para el análisis de la viabilidad. Para la simulación se usaron paneles con una capacidad de generación de 330 vatios, con una estimación de irradiación de 4,5 kWh/m<sup>2</sup> promedio por día (Ideam, 2022) y con meses de 30 días. Lo anterior se basó en conversaciones con una compañía local dedicada exclusivamente a la comercialización y la instalación de sistemas de generación energética mediante paneles solares.

**Tabla 6.** Precio estimado de venta en 2022

Promedio de EPM en 2022	\$688/kWh
Descuento	20%
Precio estimado de venta	\$551/kWh

Fuente: elaboración propia basada en EPM (2022)

Como antes se mencionó, la propuesta de valor para las compañías que decidan firmar los contratos de compra energética e instalar los sistemas de autogeneración se deriva, desde lo económico, en un descuento por kilovatio consumido. Al analizar el mercado en Antioquia se encontraron dos compañías que ellas mismas realizan la instalación de los sistemas de generación fotovoltaica para empresas de acuerdo con modelos de compra de energía en el largo plazo (contratos de tipo PPA): Ziklo Solar S. A. (2020) y Vatia S. A. E. S. P. (s.f.). Dependiendo del requerimiento energético, el rango de descuento en la tarifa por kilovatio consumido oscila entre un 15% y un 25% para las compañías que instalen los proyectos fotovoltaicos por medio de contratos de compra de energía y no mediante la adquisición del sistema. Con base en lo

anterior, en el caso del modelo se planteó al inicio un descuento del 20% sobre la tarifa vigente del proveedor local de energía, por lo que el precio para la simulación de viabilidad fue de COP585 por kilovatio consumido. Ver tabla 6.

**Tabla 7.** Simulación de la generación energética del proyecto

Total de paneles	250
Generación mensual unitaria estimada (kWh)	45
Generación mensual total mensual estimada (kWh)	11.138

Fuente: elaboración propia

Si se parte, entonces, del precio de COP551 por kilovatio consumido en un escenario de generación estimada de 11.138 kWh (tabla 7), la facturación mensual sería de COP6.132.708.

**Tabla 8.** Costo estimado de estructuración por proyecto para la cantidad de 250 paneles

<b>Número total de paneles</b>	250
<b>Costo unitario por panel</b>	\$790.000
<b>Costo total de los paneles</b>	\$197.500.000
<b>Costos de instalación</b>	\$15.000.000
<b>Costos legales</b>	\$10.000.000
<b>Comisión de la plataforma de financiación colectiva</b>	4%
<b>Costo de la comisión de la plataforma</b>	\$8.900.000
<b>Costo estimado del proyecto</b>	\$231.400.000

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 se observa la simulación del costo estimado de implementación de un proyecto enfocado a suplir un requerimiento energético cercano a los 11.000 kWh/mes, que equivale a la instalación de 250 paneles fotovoltaicos con una capacidad de generación de 330 vatios. Además del costo de los paneles (cerca del 85% del costo total), se consideraron el costo estimado de instalación y conexión del sistema, los costos legales y el costo de la comisión de la plataforma de financiación colectiva. Los costos legales comprenden específicamente la estructuración de los contratos de compra de energía con las compañías y la tarifa de estructuración del vehículo fiduciario.

**Tabla 9.** Rentabilidad y contribución estimada por proyecto en el año 1

Facturación estimada anual	\$73.592.501
Provisión para mantenimiento o cambio	4,00%
	\$9.256.000
Costo de administración de la fiduciaria	0,20%
	\$147.185
Costo de capital	12,68%
	\$29.347.312
Contribución bruta	15,06%
	\$34.842.004

Fuente: elaboración propia

Una vez consolidadas las estimaciones financieras antes explicadas, en la tabla 9 se resumió el análisis de la contribución, tanto en dinero como en porcentaje, que tendría la compañía de intermediación en cuestión. Las cifras se presentaron anualizadas con el fin de limpiar las variaciones mensuales en ingresos sujetas a las disposiciones climáticas. En la simulación se tuvo en cuenta la facturación proyectada para la instalación de 250 paneles explicada con anterioridad.

Por otra parte, se supuso un costo de capital constante del 1% efectivo mensual, o 12,68% efectivo anual, lo que correspondería al retorno ofertado a los inversionistas externos que financiarán los proyectos. Con base en las recomendaciones de la empresa local de comercialización y mantenimiento de paneles fotovoltaicos, se provisionó un costo de mantenimiento y de reemplazo anual del 4%. Pese a que la vida útil de los paneles puede ser superior a los 20 años, la velocidad de degradación de la tecnología difiere por unidad, por lo que algunos paneles pueden estar sujetos a reemplazo a lo largo de la vigencia del contrato. En cuanto a los costos de administración fiduciaria, oscilan dependiendo del monto total de los recursos administrados. Con base en información de las compañías indagadas en Antioquia, para este tipo de proyectos la comisión de la fiduciaria puede ser cercana al 0,2% anual, porcentaje que se utilizará para cuestiones teóricas del análisis de rentabilidad. Vale la pena recordar que los costos de la plataforma de financiación colectiva se tuvieron en cuenta en los costos de implementación del proyecto como un porcentaje sobre el total de recursos recaudados. Después de la etapa inicial de recaudo no se incurrirían en gastos de comisión de la plataforma en el período de administración de los contratos.

Sin considerar las variaciones en el precio de venta, indexadas con el precio del proveedor local de energía con el promedio para el año 2022 presentado en la tabla 5, se tendría una rentabilidad bruta estimada del 15,06% anual.

Cabe resaltar que se está calculando la rentabilidad bruta, o el margen de contribución, por lo que no se tuvieron en cuenta gastos ni costos directos puesto que se está analizando solo un proyecto; para analizar la rentabilidad total de la compañía, la aproximación del estudio sería diferente y debería contemplar la viabilidad financiera de toda una compañía, de tal modo que se consideren en el talento humano, el capital de trabajo, el modelo operativo y los factores legales y contables, entre otros aspectos.

**Tabla 10.** Sensibilidades de la facturación y la tasa de descuento por kWh

Sensibilidad de la facturación mensual estimada (\$)		Cantidad de kWh/m <sup>2</sup>					
Tasa porcentual de descuento respecto de la tarifa de EPM en 2022	Precio de cada kWh (\$)	2,5	3	3,5	4	4,5	5
10%	619,5	3.832.943	4.599.531	5.366.120	6.132.708	6.899.297	7.665.886
12%	605,7	3.747.766	4.497.320	5.246.873	5.996.426	6.745.979	7.495.533
15%	585,1	3.620.002	4.344.002	5.068.002	5.792.002	6.516.003	7.240.003
17%	571,3	3.534.825	4.241.790	4.948.755	5.655.720	6.362.685	7.069.650
20%	550,6	3.407.060	4.088.472	4.769.884	5.451.296	6.132.708	6.814.121
23%	530,0	3.279.295	3.935.155	4.591.014	5.246.873	5.902.732	6.558.591
25%	490,6	3.035.638	3.642.765	4.249.893	4.857.020	5.464.148	6.071.276

Fuente: elaboración propia basada en EPM (2022)

En la tabla 10 se observan las sensibilidades de la facturación estimada mensual resultantes de los cambios de la irradiación solar, medida en kWh/m<sup>2</sup>, y de la tasa de descuento en el precio por kWh consumido. En la primera variable se manejó un rango entre 2,5 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup>, valores de referencia fundamentados en las mediciones del Ideam (2022). Con la tasa de descuento, a su vez, se estudió la sensibilidad de la facturación ante variaciones en la tarifa oficial de EPM. Se destacó la mayor sensibilidad en la facturación del proyecto respecto de la irradiación por

hora. En magnitud, fue mayor el cambio en la facturación con mayor irradiación con la misma tasa de descuento que la obtenida con mayor tasa de descuento con una irradiación estable.

**Tabla 11.** Sensibilidades de la rentabilidad estimada

Sensibilidad de la facturación mensual estimada (%)						
Tasa porcentual de descuento respecto de la tarifa de EPM en 2022	Cantidad de kWh/m <sup>2</sup>					
	2,5	3	3,5	4	4,5	5
10%	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
12%	0,03	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22
15%	0,02	0,06	0,10	0,13	0,17	0,21
17%	0,02	0,05	0,09	0,13	0,16	0,20
20%	0,01	0,04	0,08	0,12	<b>0,15</b>	0,19
23%	0,00	0,04	0,07	0,10	0,14	0,17
25%	-	0,01	0,02	0,05	0,08	0,12

Fuente: elaboración propia

Como continuación del análisis de las sensibilidades, en la tabla 11 se observa la rentabilidad estimada para el primer año del proyecto con base en la facturación simulada presentada en la tabla 10. Destaca la relevancia de la irradiación para la rentabilidad simulada por proyecto, por encima de la tasa de descuento ante el precio fijado por EPM. Hubo únicamente cuatro escenarios cuya irradiación fue de 2,5 kWh/m<sup>2</sup> y la tasa de descuento sobre el precio de EPM por kWh fue superior al 17% en los que se obtendrían rentabilidades inferiores a cero.

Otra variable que puede afectar el retorno de los inversionistas y, por ende, el atractivo del proyecto, es el período de los contratos con las compañías para la compra de la energía generada. Con base en las diferentes rentabilidades simuladas en la tabla 11, se evidenció una tasa de retorno que, por ejemplo, con contratos de diez años, no sería suficiente para recuperar la inversión en el sistema. Dependiendo de la tasa de descuento ofrecida y de la estimación de irradiación en la ubicación geográfica de la compañía que vaya a firmar el contrato de compra de energía, el período mínimo de los contratos no debería ser inferior a los 20 años con el fin de tener tiempo suficiente para recuperar la totalidad de la inversión y generar un superávit de capital proveniente de los flujos de efectivo en el período restante del contrato.

De acuerdo con los resultados de la simulación financiera presentada en las páginas anteriores, incluso en algunos escenarios con la modificación de las variables de entrada, como se hizo en el análisis de sensibilidades, se responde en sentido afirmativo a la pregunta de investigación, es decir, si el modelo individualmente era capaz de generarles valor a las compañías con un descuento en la tarifa del kWh consumido, a los inversionistas y, por último, a la empresa de intermediación.

## **Capítulo 5: conclusiones y recomendaciones**

Con el análisis detallado del modelo financiero se buscó como objetivo principal la generación de valor para todos los implicados. Por un lado, que el proyecto fuera capaz de generar un ahorro mensual en la factura energética para las compañías sin necesidad de inversión de capital propio o de apalancamiento financiero para la instalación del sistema fotovoltaico ni para disminuir el consumo. A su vez, que les generara una rentabilidad atractiva a personas naturales o jurídicas con excesos de liquidez en contraprestación de financiar el sistema de generación fotovoltaico para las compañías en cuestión con un nivel de riesgo entre bajo y moderado. Por

último, que después de generarles un ahorro a las compañías en su factura de energía y una rentabilidad a los inversionistas, se contara con la capacidad financiera de generarle valor a una compañía de intermediación, encargada de la estructuración y la posterior operación de los proyectos.

Se supuso que el proyecto en cuestión cumple las características estipuladas en el modelo en cuanto a disponibilidad de radiación solar, cantidad suficiente de metros cuadrados para la instalación de los paneles y consumo mensual mínimo estipulado y se constató la viabilidad financiera del proyecto. Con el análisis de los retornos anualizados estimados, en los que se tuvieron en cuenta meses de mayor y de menor disponibilidad de radiación solar, se evidenció que con la facturación de la energía generada a las compañías, con base en la reducción del 20% en el precio indexado de la empresa local de energía y las variaciones de sus tarifas, se alcanzaría una rentabilidad fija para los inversionistas entre el 0,8% y el 1,2% mes vencido. Además, se verificó la viabilidad de la creación de un modelo de negocio rentable a través de la firma mencionada de intermediación y operación de los proyectos.

Si se tiene en cuenta que el horizonte de inversión mínima es de 20 años, la recomendación principal, de la que puede derivar en elevada proporción el éxito de los proyectos y que, a su vez, determina el auge de la compañía de intermediación, radica en el análisis en profundidad de las compañías compradoras de energía y su proyección económica. Entender las proyecciones del sector en que se encuentren y la capacidad de permanencia en el tiempo disminuirá el riesgo inherente de impago o de liquidación y, por ende, de terminación anticipada de los contratos, porque se afectaría la rentabilidad total para los inversionistas y los ingresos derivados de la administración para la empresa de intermediación.

## Referencias

- a2censo (s.f.). *Somos a2censo*. a2censo. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://a2censo.com/nosotros/?seccion=conocenos>
- Bento, N., Gianfrate, G., & Groppo, S. V. (2019a). Do crowdfunding returns reward risk? Evidences from clean-tech projects. *Technological Forecasting and Social Change*, *141*, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.007>
- Bento, N., Gianfrate, G., & Thoni, M. H. (2019b). Crowdfunding for sustainability ventures. *Journal of Cleaner Production*, *237*, 117751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117751>

- Bolsa de valores de Colombia (s.f.). Bolsa de Valores de Colombia. (2022). Recuperado 8 de enero de 2022, de <https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc>
- Bluesun Solar Group (s.f.). *Overseas warehouse*. Bluesun Solar Group. Recuperado el 20 de abril de 2022 de [https://www.bluesunpv.com/overseas-warehouse\\_c65](https://www.bluesunpv.com/overseas-warehouse_c65)
- briq.mx (s.f.). *14 Clinton Street. Compra 2*. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.briq.mx/proyectos/clintonstC2>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) (s.f.). *Comisión de Regulación de Energía y Gas*. CREG. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <http://www.creg.gov.co>
- Cumming, D. J., Leboeuf, G., & Schwienbacher, A. (2017). Crowdfunding cleantech. *Energy Economics*, 65, 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.04.030>
- datacrédito experian (s.f.). *Soluciones integrales*. datacrédito experian. Recuperado el 20 de abril de 2022, de <https://www.datacredito.com.co>
- EPM (2022, 13 de enero). *Tarifas de los años anteriores*. EPM. Recuperado el 23 de enero de 2022 de <https://www.epm.com.co/site/home/centro-de-documentos/clientes-y-usuarios/aguas/tarifas-de-los-anos-anteriores>
- Henaó, F., & Dyner, I. (2020). Renewables in the optimal expansion of Colombian power considering the Hidroituango crisis. *Renewable Energy*, 158, 612-627. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.055>
- Hernández, J. (2021, 5 de abril). *Power purchase agreement PPA para autogeneración de energía en Colombia*. Estudio Legal Hernández. <https://estudiolegalhernandez.comhttps://estudiolegalhernandez.com/energia/power-purchase-agreement-ppa-para-autogeneracion-de-energia-en-colombia/>

- Hernández Jiménez, R. (2015, 1 de julio). *Fórmulas y modelos de crowdfunding* (trabajo de grado en Marketing e Investigación de Mercados, Universidad de Valladolid). <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/15762/1/TFG-E-163.pdf>
- Homecenter (s.f.). *Panel solar policristalino 24V 330W tipo MC4*. Homecenter. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/500542/panel-solar-policristalino-24v-330w-tipo-mc4/500542/?queryId=98f50c27-94e5-4c1f-9883-32f9066dac6d>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). *Irradiación. Medio. Diario. Anual*. Ideam. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- León-Vargas, F., García-Jaramillo, M., & Krejci, E. (2019). Pre-feasibility of wind and solar systems for residential self-sufficiency in four urban locations of Colombia: implication of new incentives included in Law 1715. *Renewable Energy*, 130, 1082-1091. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.087>
- López Llano, J. C., y López Llano, M. (2017). *Estudio de factibilidad para acuerdos de compra de energía de proyectos solares fotovoltaicos de menos de 20kW en Antioquia* (trabajo de grado, Maestría en Gerencia de Proyectos, Universidad EAFIT). <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12474?locale-attribute=es>
- Lu, Y., Chang, R., & Lim, S. (2018). Crowdfunding for solar photovoltaics development: a review and forecast. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 439-450. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.049>
- Mejía Plata, C. (2015, 17 de octubre). *Frenchie: the world's first speed wallet*. Indiegogo. <https://www.indiegogo.com/projects/frenchie-the-world-s-first-speed-wallet#/>

- Mesa Murillo, J., y Flórez Isaza, Ó. D. (2018). *Disposición de uso de paneles solares fotovoltaicos en unidad personal de vivienda y conjuntos residenciales* (trabajo de grado, Maestría en Mercadeo, Universidad EAFIT).  
<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12623>
- Mesfix (s.f.). *Invierte y descubre la emoción de cumplir tus sueños*. Mesfix. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.mesfix.com>
- Montoya-Duque, L., Arango-Aramburo, S., & Arias-Gaviria, J. (2022). Simulating the effect of the pay-as-you-go scheme for solar energy diffusion in Colombian off-grid regions. *Energy*, 244(B), 123197. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123197>
- Sahm, M., Belleflamme, P., Lambert, T., & Schwienbacher, A. (2014). Corrigendum to “Crowdfunding: tapping the right crowd”. *Journal of Business Venturing*, 29(5), 610-611.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2014.06.001>
- Sarkar, S., Bhaskar, M. S., Uma Rao, K., Prema, V., Almakhles, D., & Subramaniam, U. (2021). Solar PV network installation standards and cost estimation guidelines for smart cities. *Alexandria Engineering Journal*, 61(2), 1277-1287.  
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.098>
- Solar Energy Industries Association® (SEIA) (2022). *Solar industry research data*. SEIA. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.seia.org/solar-industry-research-data>
- Solarama® (2022). *Qué es un panel solar y cómo funciona*. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://solarama.mx/blog/que-es-un-panel-solar/>
- Statista (2022). *Regional distribution of solar module production*. Statista. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.statista.com/statistics/668749/regional-distribution-of-solar-pv-module-manufacturing/>

Vatia S. A. E. S. P. (s.f.). *Eficiencia energética comprometida con el medio ambiente*. Vatia S. A. E. S. P. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://vatia.com.co/>

Vaki (2022). *Financiamiento, mucho más fácil*. (s.f.). Vaki. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://vaki.co/es/vaki/soytejadelosdanieles>

Ziklo Solar S. A. (2020). *Una manera brillante de ahorrar respetando el medio ambiente*.

Ziklo Solar S. A. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.ziklosolar.com/>