



**Factibilidad financiera de un proyecto de autogeneración de energía para  
DataCenter ubicado en el municipio de Cota Cundinamarca en Colombia**

**Leonardo Francisco Bautista Rubiano**

**Director:  
Lida Murillo Moreno**

**UNIMINUTO – CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS  
BOGOTA D.C COLOMBIA  
2017**



## HOJA DE CALIFICACIÓN

**Nota de Aceptación**

**Asesor** \_\_\_\_\_

**Jurado 1** \_\_\_\_\_

**Jurado 2** \_\_\_\_\_

---

**Firma del Asesor**

---

**Firma del Jurado 1**

---

**Firma del Jurado 2**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi esposa Yineth y mi hijo Sergio, quienes son el motor de mi vida.

## Tabla de Contenido

---

<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Planteamiento del problema y Justificación</b> .....	<b>9</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	9
1.2 Justificación.....	10
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>11</b>
2.1 Objetivo General.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>3. Marco de Referencia</b> .....	<b>12</b>
3.1 Marco Conceptual .....	12
3.2 Marco Teórico .....	13
<b>3.2.1 La energía como base de desarrollo.</b> .....	13
<b>3.2.2 Tecnología del aprovechamiento solar.</b> .....	13
<b>3.2.3 Descripción técnica del sistema seleccionado para este proyecto.</b> .....	14
3.1.4. Descripción de la compañía. ....	16
3.1.5. Detalle del proyecto a desarrollar.....	16
<b>3.1.6. Evaluación de proyectos utilizando metodología VPN.</b> .....	16
3.2. Marco Legal.....	17
<b>4. Antecedentes</b> .....	<b>19</b>
4.1. Visión del desarrollo de la energía solar .....	19
4.2. Proyecto granja energía solar CELSIA .....	19
<b>5. Desarrollo Metodología por flujo de caja y evaluación del proyecto por VPN y TIR...</b> <b>20</b>	
5.1. Descripción de la metodología .....	20
5.2. Cálculo de generación del sistema solar en el sitio .....	20
<b>5.2.4. Selección de tecnologías de generación de energía solar.</b> .....	20
<b>5.2.5. Selección de arreglos por capacidad de espacio en terreno.</b> .....	21
<b>5.2.6. Cálculo de generación eléctrica del sistema fotovoltaico.</b> .....	21
5.3. Determinación de flujos para cada escenario .....	22
<b>5.3.4. Flujo de caja para escenario # 1.</b> .....	23
<b>5.3.5. Flujo de caja para escenario # 2.</b> .....	23
<b>5.3.6. Flujo de caja para escenario # 3.</b> .....	23
<b>6. Resultados</b> .....	<b>24</b>
6.1. Resultado escenario # 1 .....	24
6.2. Resultado escenario # 2 .....	24
6.3. Resultado escenario # 3 .....	25
<b>7. Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>26</b>
<b>8. Bibliografía y Cibergrafía</b> .....	<b>28</b>
<b>Anexo A – Ficha técnica: Panel solar – Q.PRO-G3 255-265</b> .....	<b>29</b>
<b>Anexo B – Ficha técnica: Controlador de carga – OutBack FLEXmax 60/80</b> .....	<b>30</b>
<b>Anexo C – Flujos de caja</b> .....	<b>33</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cálculo de capacidades con equipos seleccionados .....	21
Tabla 2. Cálculo de arreglos de módulos y controladores fotovoltaicos .....	21
Tabla 3. Cálculo de generación pico generada.....	22
Tabla 4. Parámetros para cálculo de VPN y la TIR en los diferentes escenarios .....	22
Tabla 5. Parámetros para cálculo de flujo de caja, impuestos y TRM .....	22
Tabla 6. Inversión inicial .....	23
Tabla 7. VPN escenario # 1.....	24
Tabla 8. VPN escenario # 2.....	24
Tabla 9. Inversión inicial .....	25
Tabla 10. Flujo de caja escenario # 1.....	33
Tabla 11. Flujo de caja escenario # 2.....	33
Tabla 12. Flujo de caja escenario # 3.....	34

## **Índice de Ilustraciones**

---

Ilustración 1. Participación por tecnología en la matriz eléctrica .....	9
Ilustración 2. Esquema básico del funcionamiento de un panel solar .....	14
Ilustración 3. Esquema general del sistema propuesto .....	15
Ilustración 4. Ejemplo de granja de generación solar .....	19

## Introducción

---

Actualmente se habla del desarrollo sostenible, se ha vuelto una preocupación para muchos en el mundo actual. El cambio climático evidencia que el planeta está viviendo una transformación que no favorece el medio ambiente y la supervivencia de la especie humana. Encontrar la forma de aprovechar fuentes renovables de energía se hace cada vez más importante. Sin embargo, aún hay bastantes dificultades para aprovechar los recursos renovables, pero existen iniciativas que pueden ayudar a que cada vez se presenten proyectos con nuevas tecnologías.

Es así como el gobierno de Colombia, bajo la dirección de la Unidad de Planeación Minero Energética, y el Ministerio de Minas y Energía, publica una ley que ayuda a fortalecer ese objetivo de desarrollo sostenible en el país. Se presenta entonces una oportunidad para revisar las opciones de un proyecto de generación de energía solar y así determinar si realmente es viable en las condiciones actuales del mercado.

Tomar la normatividad vigente y la tecnología disponible actualmente, para desarrollar flujos de caja en tres escenarios posibles y así validar la rentabilidad del proyecto.

Es importante anotar que también existen variables un poco más difíciles de medir, como lo son el impacto ecológico y la buena imagen que un proyecto como estos, puede traer a la compañía.

Al final, los flujos de caja apoyados en la herramienta de valor presente neto y TIR, permitirán determinar a ciencia cierta la oportunidad que tiene el proyecto planteado.

## 1. Planteamiento del problema y Justificación

---

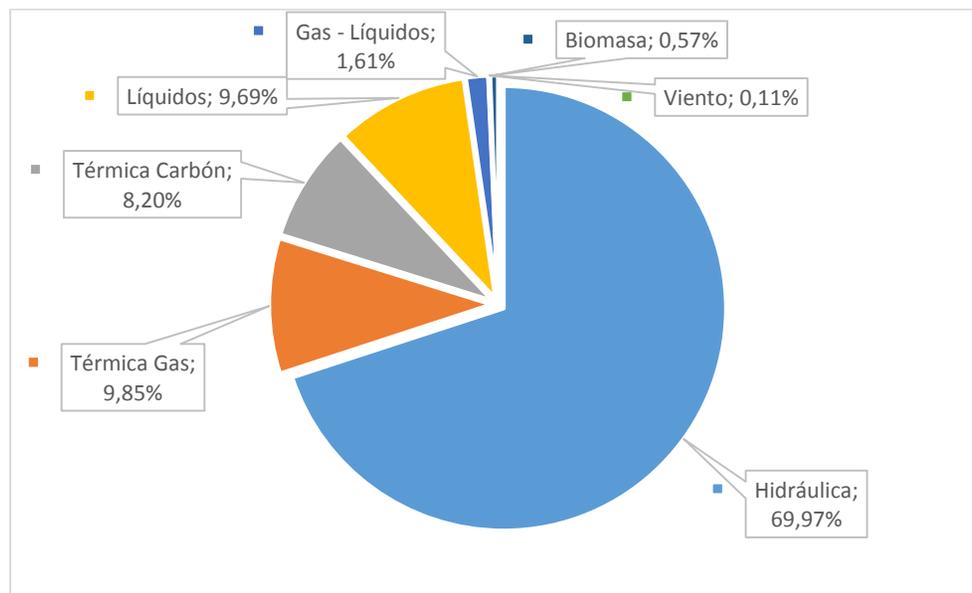
### 1.1 Planteamiento del problema

En el año 1992, Colombia tuvo uno de los momentos más difíciles del sector energético. El fenómeno del niño sumado a una mala planificación y otros elementos, obligó al gobierno de aquel entonces a tomar la decisión de realizar una restricción de generación de energía que fue conocido como el apagón del 92. El verano presentado en aquel año, generó pérdidas de hasta 1.600 millones de dólares, y evidenció las falencias del sistema (Hugo Cenén Hoyos E., 1993).

Como se presenta en la ilustración 1, la generación de energía eléctrica en Colombia tiene como principal fuente las hidroeléctricas. Cerca del 70% de la energía que se consume es producida por el recurso obtenido en embalses. Es así como para el año 2016, el fuerte verano y nuevamente fenómeno del niño, revive el riesgo de razonamiento vivido en el año 1992, (UPME, 2015b). Como también podemos observar en la gráfica, las generadoras térmicas, de gas, carbón y líquidos, son el respaldo del sistema. Sin embargo, estas evidenciaron problemas financieros en el momento de crisis contra el apagón, fallando en sus análisis de riesgo, e indicando que el mercado de energía en Colombia necesita asegurar sus futuros, como sucede en otros mercados en el mundo; ya que el problema de las térmicas no es la capacidad de generación sino la capacidad de liquidez.

**Ilustración 1. Participación por tecnología en la matriz eléctrica**

---



Fuente de datos: Sistema de información de XM

Fuente de gráfica: UPME

Es claro que, al presentarse un panorama de razonamiento de energía eléctrica, el impacto tanto en los hogares como en la industria y en el comercio es importante. El sector productivo en Colombia, analizado para el 2016, está concentrado en un 80% en cuatro actividades, industria manufacturera (46,9%), minería (23,7%), comercio mayorista y minorista (7%) y sector agropecuario (3,1%) (Dirección Ejecutiva de Estudios Económicos del Grupo Bolívar, 2016). Siendo estos sectores los que se verían más afectados.

Por otra parte, se viene impactando de manera negativa el medio ambiente con los procesos productivos y toda actividad genera huella de carbono<sup>1</sup>. Es necesario que se generen proyectos que ayuden a disminuir este indicador.

Por lo anterior, se plantea si, ¿es viable un proyecto de autogeneración de energía eléctrica con tecnología solar para un sitio técnico?

## **1.2 Justificación**

El desarrollo de proyectos de inversión en nuevas tecnologías es necesario para la planificación de un futuro sostenible (UPME, 2015a), la situación evidenciada con el fenómeno del niño sumado al impacto ambiental hace viable la implementación de autogeneración con fuentes no convencionales de energía (FNCE).

Es por esto que el gobierno colombiano, dentro de sus estrategias para afrontar la escasez de energía eléctrica, presenta la campaña "apagar paga", que se reglamentó a través de la regulación CREG 029 de 2016, mediante la cual se establecieron las tarifas especiales por ahorro de energía, tanto para hogares como para la industria y el comercio. Con esta iniciativa se logró el objetivo de ahorro de hasta 5.88% diario de energía eléctrica y ayudó a controlar el riesgo del racionamiento eléctrico (MINMINAS, 2016). Por otra parte, el gobierno a través de los organismos adscritos al Ministerios de Minas y Energía, al de Medio Ambiente y al de Industria y Comercio, apoyan la iniciativa de implementación de autogeneración de energía eléctrica con FNCE, generando normas que permitan su desarrollo. Durante la crisis del sector energético que se presentó en el año 2016, que finalmente tuvo un buen desenlace ya que no se presentó un racionamiento de energía eléctrica, fue el resultado de la campaña "apagar paga", sumado al aprovechamiento de la autogeneración de energía eléctrica de las empresas para inyectarla al sistema interconectado nacional como cogeneradores. Esto último, en otro momento no era aceptado, pero con la nueva condición se autorizó y abrió una ventana para que las empresas puedan ser auto consumidores y posibles cogeneradores de energía dentro del marco legal colombiano.

Por otro lado, una parte importante del desarrollo de negocio de las empresas está basado en la energía

---

<sup>1</sup> El cambio climático y el calentamiento global que se está presentando en este momento, es causado por emisión de gases de efecto invernadero, principalmente por CO<sub>2</sub>. De allí que toda actividad realizada por el hombre genera una huella de carbono, y por esto este término se ha convertido en un indicador para determinar el grado de contaminación de cualquier proceso.

eléctrica, por lo tanto, es de gran importancia que se cuente con fuentes de energía de respaldo. Siendo esta una fuente no convencional de energía como auto generadora, puede suplir parte de la demanda requerida dentro del desarrollo de las actividades propias de la empresa. Y además de confiabilidad al sistema puede ayudar en coste del consumo de energía eléctrica para producción.

Adicionalmente, al ser este un proyecto basado en tecnologías limpias puede mostrarse como un proyecto ambientalmente sostenible que tiene impacto directo sobre la huella de carbono.

Existe entonces una oportunidad para las empresas colombianas, donde pueden aprovechar áreas o espacios poco productivos, sumado a los incentivos que ahora otorga el gobierno para adelantar proyectos de autogeneración de energía eléctrica con FNCE. Y de la misma forma capitalizar beneficios ecológicos dentro del mismo proyecto.

Por todo lo anterior, existe la necesidad de mostrar un proyecto de aprovechamiento solar como viable a nivel financiero con un impacto ambiental positivo.

## **2. Objetivos**

---

### **2.1 Objetivo General**

Determinar la viabilidad financiera de un proyecto de autogeneración de energía eléctrica basado en una Fuente No Convencional de Energía (FNCE), específicamente energía solar, para una empresa ubicada en territorio colombiano y que presta servicios de telecomunicaciones.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar las condiciones del sitio seleccionado para el aprovechamiento de una FNCE.
- Identificar y definir la tecnología a utilizar en el proyecto.
- Presentar el presupuesto de la solución seleccionada.
- Calcular el retorno de la inversión, identificando dentro del mismo, beneficios financieros.
- Determinar relación costo / utilidad en tres escenarios:
  - o Escenario uno: resultado sin la implementación de este proyecto.
  - o Escenario dos: resultado con la implementación de este proyecto.
  - o Escenario tres: resultado con la implementación de este proyecto y aplicación de incentivos gubernamentales.

### **3. Marco de Referencia**

---

#### **3.1 Marco Conceptual**

A continuación, se presentan los términos utilizados dentro del documento y que sirven como marco conceptual del mismo.

**Autogeneración:** Capacidad de generar energía eléctrica para el autoconsumo.

**Cogeneración:** Capacidad de generación de energía eléctrica para autoconsumo y con excedentes que pueden ser entregados al sistema de red pública.

**Data Center:** Lugar de alta importancia que tiene redundancias en su infraestructura para asegurar la confiabilidad de los equipos y servicios allí alojados.

**Energía Solar:** Energía obtenida a partir de los rayos del sol.

**FNCE:** Fuente no convencional de energía, es una fuente de energía diferente a las que comúnmente se utilizan como las derivadas del petróleo.

**Generación hidroeléctrica:** Generación de energía eléctrica a partir de una fuente hídrica, río o embalse.

**Generación térmica:** Generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento térmico de calderas de vapor que utiliza algún combustible líquido o sólido como diésel o carbón.

**Huella de carbono:** Método para determinar la cantidad de gases de efecto invernadero, incluido el CO<sub>2</sub>, dentro de un proceso productivo.

**PAYBACK,** tiempo de retorno de la inversión.

**Tecnologías limpias:** Tecnología de generación de energía eléctrica que no emite contaminación o en muy bajas cantidades durante su utilización.

**Tensión DC:** Se refiere al nivel de tensión al que opera un sistema de energía eléctrica de corriente directa. Por ejemplo, los circuitos con pilas o baterías.

**Tensión AC:** Hace referencia al nivel de tensión al que opera un sistema de energía eléctrica de corriente alterna. Por ejemplo, un circuito con corriente de la red comercial.

**TIR:** Tasa Interna de Retorno.

**UPME:** Unidad de Planeación Minero Energética, organismo dependiente del ministerio de minas y energía.

**VPN:** Valor Presente Neto.

**WACC:** Weighted Average Cost of Capital. Costo de Capital.

## **3.2 Marco Teórico**

### **3.2.1 La energía como base de desarrollo.**

La energía es uno de los principales insumos de desarrollo de la humanidad, desde cuando el hombre descubrió el fuego y el poder que este le daba para la transformación de las cosas, no ha parado en la búsqueda de aprovechar de mejor manera todas las fuentes disponibles en el planeta de forma natural.

Con el descubrimiento del petróleo se abre un camino de desarrollo industrial que ha sido continuo hasta hoy, sin embargo, el petróleo como todos sus derivados no son sostenibles en el tiempo, ya que provienen de materiales que se formaron en la tierra por la acción del tiempo sobre materia orgánica desde millones de años atrás y por lo tanto son limitadas. El desarrollo de la industria ha estado basado en el aprovechamiento de estos recursos no renovables generado dos principales situaciones, por una parte, al ser recursos no renovables tienen un límite y su obtención es cada vez más difícil y costosa. Por otra parte, el uso de estas fuentes es altamente contaminante, al ser todas ellas originarias de material orgánico, su composición principal es el carbono que, durante el proceso de transformación en energía, principalmente por combustión, libera al ambiente grandes cantidades de dióxido de carbono. De allí que se habla de la huella de carbono, donde actualmente se busca que cada vez sea menor.(UPME, 2015a).

Entendiendo esto, los desarrollos de nuevas tecnologías están enfocadas a la búsqueda de aprovechamiento de fuentes renovables de energía como lo son el sol, el viento, mareas, etc, convirtiéndose en FNCE. Las FNCE buscan ser la nueva fuente de energía, sin embargo, la relación costo beneficio aún no es favorable versus las fuentes no renovables. El desarrollo de la tecnología que aproveche estas fuentes está en desarrollo y ligada no solamente a las FNCE, sino también al uso eficiente de energía, donde los equipos y/o maquinaria juegan un papel muy importante, ya que, al mejorar su rendimiento, se requiere una menor cantidad de energía para realizar la misma cantidad de trabajo.

### **3.2.2 Tecnología del aprovechamiento solar.**

La energía solar es la FNCE de energía seleccionada para este proyecto, siendo aprovechable a través de paneles solares que pueden ser de construcción monocristalina o policristalina de acuerdo a su conformación molecular. Los paneles solares funcionan como captadores de la energía del sol, por esto entre mayor área disponible, mayor es la cantidad de energía aprovechable. La eficiencia de los módulos y potencia son claves para aprovechar de la mejor manera la energía disponible.

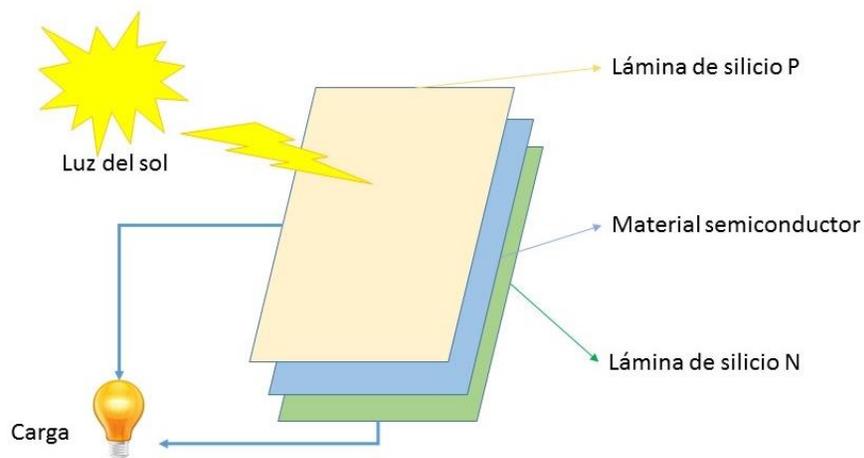
Como se observa en la Ilustración 2, la energía proveniente del sol reacciona sobre la configuración de silicio

P, semiconductor, silicio N; haciendo que circulen electrones del lado P (lado negativo y cargado de electrones), al lado P (lado positivo y con déficit de electrones).

Un panel o módulo solar, está conformado por un conjunto de estas celdas, y de acuerdo a la conformación de este grupo de celdas, el panel puede ser monocristalino o policristalino. Un punto clave para tener en cuenta es que los paneles solares generan energía a un nivel de tensión DC.

## Ilustración 2. Esquema básico del funcionamiento de un panel solar

---



Fuente: Elaboración propia

---

Pero los paneles solares solo son una parte del sistema solar, otro elemento importante es el controlador de carga, el cual es un equipo electrónico cuya función es tomar la corriente generada en los paneles y concentrarla en un solo punto para su aprovechamiento, normalmente para llevarla hacia la carga final y en la mayoría de los casos a un grupo de baterías donde se almacena. El controlador de carga cumple con la función de tomar la energía proveniente de los paneles solares, así como proteger el sistema eléctrico de una sobre carga o una contra corriente, evitando que los paneles se conviertan en carga cuando no hay energía del sol (Fallis, 2013).

### 3.2.3 Descripción técnica del sistema seleccionado para este proyecto.

Para este proyecto se revisan tres opciones de uso de energía del sol.

- Opción 1. Sistema de autogeneración de energía solar con aprovechamiento en nivel de tensión DC. Este sistema aprovecha la generación en DC del sistema y alimenta directamente la carga en este nivel de tensión. 48VDC.

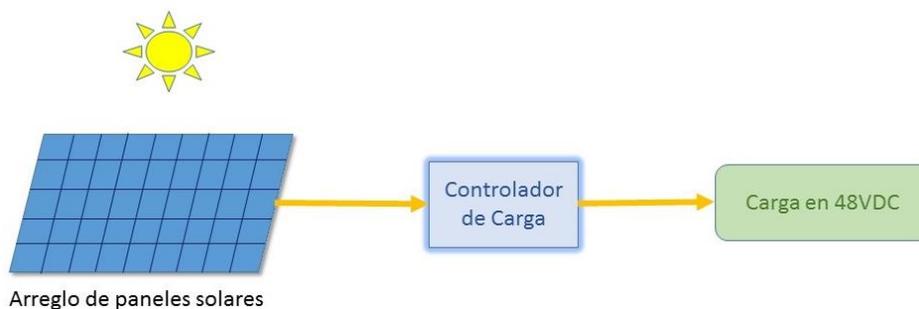
- Opción 2. Sistema de autogeneración de energía solar con aprovechamiento en nivel de tensión AC. Este sistema se conecta a la red comercial en una configuración de sincronismo con red pública, permitiendo que la energía generada se inyecte a todo el sistema eléctrico del sitio. Adicionalmente a un controlador de carga, requiere de inversores para pasar de nivel de tensión 48VDC a nivel de tensión 208VAC, estos inversores deben tener la característica de enlace con red y controlar la potencia que dirigen hacia la carga y la que dirigen hacia la red pública. Esto último es venta de excedentes al comercializador.
- Opción 3. Sistema de autogeneración de energía solar con respaldo de baterías y aprovechamiento en nivel de tensión AC. En este caso el sistema requiere un conversor en AC para el uso de la energía generada, pero adicionalmente los controladores de carga tienen la opción de cargadores de baterías para que se pueda tener respaldo en horas sin sol de la energía almacenada en ellas.

Para este proyecto el sistema seleccionado es la opción 1. La razón es porque en este sitio se cuenta con equipos que operan a nivel de tensión DC y con un consumo superior al que se puede obtener con el sistema a instalar en sitio. Al ser el sistema solar un generador fotovoltaico en DC, permite eliminar un elemento en la conversión de energía de DC a AC y esto aumenta la eficiencia del sistema. Actualmente, los inversores, que son los elementos que convierten el nivel de tensión DC a AC, de más alta especificación están en 94% de eficiencia aproximadamente, al eliminar este elemento de la solución, esa diferencia de energía se convierte en aprovechable.

Por otra parte, al eliminar elementos dentro de la solución, esta se hace más económica. Se eliminan los inversores y las baterías requeridas en las opciones 2 y 3. Cabe anotar que normalmente en las soluciones de energía solar el elemento que más encarece una solución son las baterías.

De esta manera el sistema propuesto es como se puede observar en la Ilustración 3.

### Ilustración 3. Esquema general del sistema propuesto



Fuente: Elaboración propia

Este sistema es sencillo y solo tiene tres elementos principales en sus componentes, el arreglo de paneles solares, el arreglo de controladores de carga y las conexiones DC requeridas hacia la carga. Las fichas técnicas de los elementos principales, paneles solares y controladores de carga se pueden observar en el ANEXO A y ANEXO B.

#### **3.1.4. Descripción de la compañía.**

El proyecto se desarrollará para una compañía de Telecomunicaciones con presencia en Colombia por más de 10 años, que a la fecha provee servicios de telefonía celular, telefonía fija, y datos; tanto para personas como para empresas. Es así como dentro de su infraestructura cuenta con sitios desde baja hasta alta capacidad de acuerdo a las necesidades de sus clientes.

#### **3.1.5. Detalle del proyecto a desarrollar.**

El proyecto se desarrollará en un sitio de alta importancia de la compañía, denominado Data Center, donde se encuentran alojados equipos de desempeño crítico del negocio y a su vez ofrece espacio para que clientes traigan sus equipos importantes donde se les presta el servicio de infraestructura adecuada y certificada en disponibilidad, como toda la conectividad necesaria para sus negocios.

El sitio está ubicado en el municipio de Cota, en el departamento de Cundinamarca, y cuenta con un área disponible para la ubicación del parque solar de 1.200 metros cuadrados, terreno de 40 por 30 metros.

El Data Center, cuenta con equipos alimentados en DC y AC. Equipos AC a un nivel de tensión de 208VAC, equipos DC a un nivel de tensión de 48VDC. Precisamente estos últimos son los que se favorecen con el uso de este sistema como se propuso en la opción 1, descrita en el punto 3.2.3.

En los cálculos posteriores podremos identificar que la energía generada por el sistema solar es inferior a la energía consumida por los equipos DC, esto permite cubrir la generación con la demanda.

El proyecto no solo permitirá generar energía eléctrica para el sitio, sino que aportará en el desarrollo sostenible con disminución de huella de carbono.

#### **3.1.6. Evaluación de proyectos utilizando metodología VPN.**

Para la evaluación de este proyecto se toma la metodología del cálculo del valor presente neto, con el cual se pretende determinar si la inversión es viable o no. Adicionalmente, se apoya el análisis con el TIR, Tasa Interna de Retorno y el PAYBACK, tiempo de retorno de la inversión, para establecer con estos tres indicadores un mejor análisis del proyecto.

El VPN, Valor Presente Neto, se obtiene de la diferencia entre el valor presente de los ingresos, menos, el valor presente de los egresos o inversión. Es considerar todos los valores, tanto ingresos como egresos en el momento cero para poderlos comparar y de allí determinar si existe o no una ganancia con la inversión realizada.

Para el ejercicio de este proyecto, se consideran flujos periódicos, por lo tanto, la VPN se calcula sin considerar variaciones debidas a flujos variables. De una manera sencilla podemos determinar la condición del proyecto., si el resultado es mayor a cero, el proyecto es rentable, si es menor a cero, la inversión no es rentable en el tiempo establecido. Y si el resultado es igual a cero, se diría que el proyecto no es ni rentable ni no rentable solo está en el límite requerido.

Para el cálculo de la VPN se requiere el costo de oportunidad del inversor, que es la tasa o interés mínimo esperado por una inversión realizada. Para este proyecto, se considera el costo de capital de la empresa de telecomunicaciones que realiza el proyecto, la cual está establecida en el momento de realizar este documento en 11,58%.

Por otra parte, un indicador que es complementario del VPN es la TIR o Tasa Interna de Retorno, con la que se obtiene la tasa de interés implícita en un flujo de caja y de la misma manera que el VPN puede leerse de tres maneras. Si su valor es positivo se dice que genera rentabilidad, si el valor es negativo no genera rentabilidad y si su valor es cero el proyecto no tiene ni ganancias ni pérdidas. Adicionalmente, se observa que cuando la TIR es el mismo costo de capital o costo de oportunidad, el valor del VPN es cero, si la TIR es mayor al costo de capital, el VPN es positivo y si la TIR es menor al costo de capital, el VPN es negativo. Por esto, la TIR nos indica el interés obtenido con el proyecto (Vélez, 2006).

Por último, tenemos el PAYBACK, que es el tiempo calculado para el retorno de la inversión y momento en el cual se puede eliminar el riesgo del inversionista. Para este caso se utiliza el método de flujos por periodo, y manualmente se revisa en que momento el flujo pasa de ser negativo a positivo, luego matemáticamente se puede obtener el valor en el tiempo estipulado. De acuerdo al tipo de proyecto, el PAYBACK puede ser a corto o largo plazo. Normalmente para un proyecto como este el PAYBACK esperado es a largo plazo, sin embargo, la compañía espera que el PAYBACK esté alrededor de los cinco años.

### **3.2. Marco Legal**

La responsabilidad social y desarrollo sostenible, sumado al incipiente desarrollo de proyectos que fomenten el uso de FNCE, llevó al gobierno a desarrollar políticas que intenten hacer que las empresas tomen esta

opción de inversión. Es así como se crea la Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional (Colombia, 2014).

El propósito de este marco legal es básicamente: (Alberto & Marín, 2016).

- a) "Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el mercado energético colombiano que garanticen el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el Gobierno Nacional."
- b) "Incentivar la penetración de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda en todos los sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica."
- c) "Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables". (p. 9).

Ley 1715 de 2014, de acuerdo con el "Plan energético nacional un ideario para el 2050", la finalidad de esta ley es diversificar el sistema energético actual, aumentar la inversión en tecnologías renovables, buscando reducir el impacto ambiental y que al mismo tiempo dinamice la economía. (UPME, 2015a).

Decreto 2143 de 2015. Este decreto único define los lineamientos para la aplicación de incentivos definidos en la Ley 1715 de 2014.

Resolución 045 de 2016 de la UPME. Resolución 143 de 2016. Resolución 520 de 2007. Resolución 638 de 2007. Estas resoluciones establecen los lineamientos y formatos para la registrar los proyectos ante la UPME, que busquen unirse al Sistema Interconectado Nacional.

Resolución 186 de 2012 de MADS. Resolución 1283 de 2016 del MADS. Estas resoluciones definen los lineamientos para registrar los proyectos de FNCE, y obtener los certificados del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para aplicar a los beneficios tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014.

## 4. Antecedentes

---

### 4.1. Visión del desarrollo de la energía solar

De acuerdo con la IEA (International Energy Agency), en el año 2050 la participación de los sistemas solares estaría en un 16% de la generación mundial de energía. Un crecimiento que se ha visto en aumento ya que, en un estudio similar del año 2010, se proyectaba una participación del 11%. Esto posiblemente se debe al crecimiento de nuevas tecnologías que además hacen que el costo de inversión sea cada vez menor. Se habla de una convergencia de precios de los sistemas de generación fotovoltaica con una reducción en costos del 25% al año 2020, 45% para el año 2030 y hasta el 65% para el año 2050 (Remme, 2013).

Para que el escenario que plantea la IEA sea posible se requiere que los países desarrollen políticas claras hacia el uso masivo de fuentes alternas de energía como la solar; Colombia ya viene trabajando en ello.

### 4.2. Proyecto granja energía solar CELSIA

Celsia, por medio de su subsidiaria EPSA, iniciará en marzo próximo la construcción de la granja solar Celsia Solar Yumbo, en el Valle del Cauca. Es un proyecto de 9,9MW conformado por 35.000 paneles solares en 18 hectáreas que generará cerca de 16 GWh al año.

#### Ilustración 4. Ejemplo de granja de generación solar

---



---

Fuente: Portafolio – Febrero 7 de 2017.

## **5. Desarrollo Metodología por flujo de caja y evaluación del proyecto por VPN y TIR**

---

### **5.1. Descripción de la metodología**

Para la evaluación de este proyecto, se inicia con el análisis técnico del sitio seleccionado, determinando la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de una FNCE. Con esto y apoyado en los datos técnicos de los elementos seleccionados de la FNCE, se puede determinar la cantidad de energía generada. A partir de allí, se obtienen los flujos de caja, de acuerdo a la inversión, gastos e ingresos, durante un periodo de 15 años, que es el tiempo mínimo esperado de vida útil del proyecto. Para la proyección de los flujos se considera la inflación y el WACC o costo de capital. El WACC es el indicado por la compañía o inversionista del proyecto, quien ya tiene un valor estipulado para la evaluación de sus proyectos de inversión. El ejercicio del flujo de caja se realiza para los 3 escenarios establecidos en los objetivos y al final con el resultado del cálculo del VPN, TIR y PAYBACK, se establecerán las conclusiones que buscarán responder a la pregunta establecida en el planteamiento del problema, de acuerdo a los objetivos establecidos.

### **5.2. Cálculo de generación del sistema solar en el sitio**

A continuación, se describe el cálculo desarrollado para determinar el sistema de generación solar tomando como base los paneles solares y los controladores de carga seleccionados. (Q\_Cells, 2015)(Mppt & Controllers, 2017). Se parte del área disponible para determinar la potencia máxima posible instalada o potencia pico instalada, y con el brillo solar del sector (Ministerio de Minas y Energía & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de hidrología, 2005), determinar la energía generada por día y por año.

#### **5.2.1. Selección de tecnologías de generación de energía solar.**

La opción seleccionada para desarrollar el proyecto es el uso de la energía solar en DC para equipos finales directamente. Con esta opción se realiza la selección de los paneles solares de la marca Hanwha, y los controladores de carga marca Outback. En la Tabla 1., se pueden observar los valores principales de acuerdo a la ficha técnica de estos dos elementos principales del sistema solar.

**Tabla 1. Cálculo de capacidades con equipos seleccionados**

Módulo panel solar seleccionado:	Hanwha Q-Cell PRO G3-265	
Largo [mm]:	1670	mm
Ancho [mm]:	1000	mm
Grosor [mm]:	35	mm
Potencia nominal [STC, PMMP, W]:	265	W
Potencia nominal [NOCT, PMMP, W]:	197,1	W
Corriente de corto circuito [NOCT, ISC, A]:	7,48	A
Tensión de circuito abierto [NOCT, VOC, V]:	35,86	V
Corriente al PMPP (punto máximo de potencia) [A]:	6,8	A
Tensión al PMPP (punto máximo de potencia) [V]:	28,97	V
Controlador de carga seleccionado:	OUTBACK FLEXMAX 80 FM80-150VDC	
Tensión nominal de salida:	48	VDC
Máxima corriente de salida:	80	A
Tensión de circuito abierto en operación [VOC]:	145	VDC
Arreglo máximo permitido:	4000	W
Máximo de módulos fotovoltaicos permitidos	16	Módulos de la especificación dada

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas técnicas.

### 5.2.2. Selección de arreglos por capacidad de espacio en terreno.

A partir del terreno seleccionado se considera el área disponible y se realiza el cálculo de los elementos necesarios tanto paneles solares como controladores de carga. En la Tabla 2. Se puede muestra el resultado de la cantidad en arreglos de módulos fotovoltaicos posibles en el sitio, en conjunto con los controladores de carga. Es importante anotar que el cálculo parte a partir del terreno disponible para la instalación de paneles solares.

**Tabla 2. Cálculo de arreglos de módulos y controladores fotovoltaicos**

Configuración de los arreglos de acuerdo a fichas técnicas:	16	Cada arreglo está conformado por 4 X 4 módulos
Configuración de los arreglos en el terreno:	5	Arreglos horizontales, con espació de 800mm para inspección.
	7	Arreglos verticales, sin espacio.
Total arreglos del sistema:	35	Arreglos
Potencia nominal de cada arreglo [NOCT, P]:	3.154	W
Potencia nominal total del sistema [NOCT, P]	110.376	W
Módulos requeridos en el sistema:	560	Módulso fotovoltaicos
Controladores de carga requeridos:	35	Controladores de carga
<b>Arreglos:</b>		
Módulos en serie para tensión máxima:	4	módulos
Módulos en paralelo para corriente máxima:	4	módulos

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Cálculo de generación eléctrica del sistema fotovoltaico.

Este cálculo se obtiene a partir de los valores de los paneles solares indicados en su ficha técnica, la cantidad de paneles, la forma del arreglo y también las condiciones de brillo solar del sitio. (Ministerio de Minas y Energía & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de hidrología, 2005). En la Tabla 3. Se puede observar que la potencia pico del sistema es de 136,5kW., y también podemos ver que la energía generada promedio por día es de 546,22kWh/día.

**Tabla 3. Cálculo de generación pico generada**

Tensión nominal del sistema	48	VDC
Tensión circuito abierto máxima de cada arreglo [NOCT]:	143,44	V
Corriente de entrada pico del arreglo (punto máximo de potencia):	27,20	A
Potencia pico del arreglo:	3.901,57	W
Corriente pico del arreglo a la tensión nominal (48VDC):	81,28	A
Corriente pico total del sistema a la tensión nominal (48VDC):	2.844,89	A
Potencia total pico del sistema:	136.554,88	W
Potencia total pico del sistema:	136,55	kW
Brillo solar en el sitio seleccionado:	4	hss, de acuerdo al mapa de brillo solar de Colombia.
<b>Energía diaria generada:</b>	<b>546,22</b>	<b>kWh/día</b>
Potencia consumida en sitio por equipos DC:	54,00	kW
Energía consumida en DC por día:	1.296,00	kWh/día

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Determinación de flujos para cada escenario

Se desarrolla el flujo de caja de cada escenario para determinar el VPN y la TIR. Los parámetros se detallan en la tabla 4. Se encuentran los datos ya calculados de potencia pico y generación/consumo de energía por año. También se indica el valor de la tarifa para el predio por parte de Codensa (CODENSA, 2017) y el WACC o costo de oportunidad establecido por la compañía. Que para este caso es de 11,58%.

Es importante confirmar que el dato del WACC es entregado por la compañía y por los inversionistas, por lo tanto, para este ejercicio se toma ese valor como el costo de oportunidad. Adicionalmente, se toma la meta de inflación del 3%, del Banco de la República para el cálculo.

**Tabla 4. Parámetros para cálculo de VPN y la TIR en los diferentes escenarios**

Potencia pico instalada [kWp]:	136,55	kW
Generación de energía X día:	546,22	kWh/día
Consumo de energía X año:	196.639,03	kWh/año
Tarifa energía CODENSA:	425,26	COL\$/kWh
WACC - Costo de Capital:	11,58%	
Inflación [%]:	3%	
Mantenimiento anual sistema total:	35.000,00	COL\$/KWp

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5, podemos encontrar la TRM, IVA e impuesto de importación determinado para el ejercicio.

**Tabla 5. Parámetros para cálculo de flujo de caja, impuestos y TRM**

TRM:	3000
Impuestos de import.	21%
IVA	19%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6, encontramos el cálculo de la inversión inicial de acuerdo a los valores encontrados en el mercado.

**Tabla 6. Inversión inicial**

Item	Cantidad	Unidad	Valor Unitario [USD]	Valor Unitario [COL\$]	Valor Total [COL\$]	Total con Impuestos[COL\$]
Módulos solares:	560	Módulos	219,45	658.350,00	368.676.000,00	446.097.960,00
Controlador Carga:	35	Controladores	513,99	1.541.970,00	53.968.950,00	65.302.429,50
Soportes metálicos:	1	Global		19.600.000,00	19.600.000,00	23.324.000,00
Material eléctrico:	1	Global		35.000.000,00	35.000.000,00	41.650.000,00
Material civil:	1	Global		15.000.000,00	15.000.000,00	17.850.000,00
Mano de obra:	1	Global		7.022.400,00	7.022.400,00	8.356.656,00
				<b>TOTAL INVERSIÓN:</b>	<b>499.267.350,00</b>	<b>602.581.045,50</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1. Flujo de caja para escenario # 1.

En este escenario se desarrolla el flujo de caja para el consumo de energía, considerando un valor anual de 196.639,03 kWh/año. A partir de allí, se toma el valor del kWh, o \$/kWh, determinado por Codensa para este predio. (CODENSA, 2017).

En este caso, el flujo solo incluye el gasto del consumo de energía. No se considera alguna inversión o algún gasto por mantenimiento. Así mismo no se consideran ingresos por algún motivo. Ver ANEXO C. Flujo de caja estructurado para escenario # 1.

### 5.3.2. Flujo de caja para escenario # 2.

En este escenario se desarrolla el cálculo teniendo en cuenta que el valor de generación es el valor de consumo requerido para el sistema del sitio. La inversión se realiza en el año cero y tanto los gastos de mantenimiento como los ingresos recibidos por la generación de energía se ven reflejados a partir del año 1. Por otra parte, se contempla un valor de inflación, que afecta el costo por kWh de energía eléctrica y el valor de mantenimiento anual del sistema de generación fotovoltaico. En cuanto a la generación, se observa una disminución año a año, producida por el deterioro del material de los paneles solares y que viene estipulada en la ficha técnica del módulo. Ver ANEXO C. Flujo de caja estructurado para escenario # 2.

### 5.3.3. Flujo de caja para escenario # 3.

En el escenario 3, se contemplan las mismas condiciones del escenario 2, solo que para este caso no se consideran los impuestos dentro del cálculo, ya que este escenario es para una condición de alivios tributarios del gobierno, acogándose a la Ley 1715 de 2014, en la cual se establece un alivio de hasta el 100% sobre impuestos de todos los elementos que estén un proyecto de FNCE. Ver ANEXO C. Flujo de caja estructurado para escenario # 3.

## 6. Resultados

---

El análisis se realiza con el cálculo del VPN y la TIR, el periodo de análisis es de 15 años, aunque el sistema solar fotovoltaico tiene una vida útil de mínimo 25 años.

### 6.2. Resultado escenario # 1

En la Tabla 7, puede observarse un VPN de -\$681.122.136,15, que refleja la pérdida obtenida o costo de oportunidad, sin el proyecto no se implementa, teniendo en cuenta el WACC establecido por la empresa.

**Tabla 7. VPN escenario # 1**

---

<b>VPN:</b>	<b>(681.122.136,15)</b>
<b>TIR:</b>	<b>NA</b>
<b>PAYBACK:</b>	<b>NA</b>

---

Fuente: Elaboración propia.

La TIR y PAYBACK, no se pueden calcular debido a que no hay inversión en el proyecto.

### 6.3. Resultado escenario # 2

Para el escenario # 2, se puede observar en la Tabla 8 que existe un VPN positivo y una TIR superior al WACC establecido por la compañía.

**Tabla 8. VPN escenario # 2**

---

<b>VPN:</b>	<b>767.786.940,39</b>	
<b>TIR:</b>	<b>12%</b>	
<b>PAYBACK:</b>	<b>14,78</b>	<b>años</b>

---

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al PAYBACK se establece en 14,78 años, tiempo que para una solución solar puede estar dentro de los rangos normales, teniendo en cuenta que tiene una vida útil de por lo menos 25 años. Sin embargo, para la compañía este proyecto puede tener un PAYBACK muy largo y debería justificarse no solo desde el punto de vista financiero sino ambiental.

#### 6.4. Resultado escenario # 3

En el escenario # 3, la consideración es la eliminación de impuestos como alivios tributarios por la inversión en un proyecto de FNCE. Es por esto que para este caso el valor de inversión es menor y por lo tanto se observa un VPN mejor que en el caso anterior. Así mismo, la TIR aumenta hasta 15%. Es importante notar que, para este ejercicio, se considera un alivio tributario aplicable desde el año cero.

**Tabla 9. Inversión inicial**

---

<b>VPN:</b>	<b>871.100.635,89</b>	
<b>TIR:</b>	<b>15%</b>	
<b>PAYBACK:</b>	<b>10,57</b>	<b>años</b>

---

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al PAYBACK, se mejora a 10,57 años comparado con del escenario # 2.

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

---

Como conclusiones importantes de proyecto encontramos:

A la pregunta de si es viable un proyecto de autogeneración de energía eléctrica con tecnología solar para un sitio técnico. El resultado del análisis técnico y financiero indica viabilidad financiera tanto en el escenario 1 sin incentivos, como en el escenario 2 con incentivos del gobierno. Y más cuando se compara con el costo de oportunidad evidenciado en el escenario 1.

El sitio seleccionado tiene las condiciones técnicas para el aprovechamiento de una FNCE.

Se logra definir la tecnología de FNCE que se utilizaría en el sitio. Teniendo en cuenta las ventajas de área y aprovechamiento solar directamente en nivel de tensión DC.

Se logra establecer el presupuesto y flujos de inversión durante 15 años. Así mismo, tomando como base este tiempo se logra determinar el VPN y TIR del proyecto. Adicionalmente se establece el PAYBACK del mismo para cada escenario con inversión.

El PAYBACK del proyecto está entre 10 a 15 años, tiempo que debe ser evaluado por el inversionista, ya que su política es de proyectos con este indicador con valores inferiores a 5 años. Es posible que deba evaluarse otros elementos como los ambientales o de imagen.

Tanto el VPN y la TIR, están dando positivas en los escenarios 2 y 3, lo que indica que esta inversión es interesante.

Es importante que el proyecto muestre, no solamente el beneficio financiero, sino el beneficio ambiental y de imagen positiva de la compañía.

Después del análisis realizado la mejor alternativa es la opción 3, ya que el VPN es 1.210.965.817,31. La TIR es 18%, y el PAYBACK está en 10,24 años. Esta alternativa muestra que el incentivo gubernamental es interesante y puede atraer nuevos inversionistas. Sin embargo, es posible que se requiera paralelamente a esta evaluación financiera una evaluación ambiental y de impacto de imagen en la compañía.

El efecto invernadero producido por la acción del hombre está aumentando el riesgo de la no sostenibilidad del planeta y de la especie humana. Por lo tanto, cualquier esfuerzo por pequeño que sea puede ayudar a

mejorar en algo, a disminuir la huella de carbono.

Implementar un proyecto de inversión en FNCE, es mejor que no realizarlo. De cualquier forma, se está realizando un gasto en el consumo de energía, el cual puede ser suplido por esta fuente de energía.

Es un proyecto a largo plazo, y por lo tanto está expuesto a los riesgos que puedan darse en el transcurso del tiempo y afecten la inversión.

## 8. Bibliografía y Cibergrafía

---

- Alberto, J., & Marín, V. (2016). Invierta y Gane con Energía, 28. Retrieved from [http://ccep.co/attachments/article/424/ccep\\_invierta-y-gane-con-energia.pdf](http://ccep.co/attachments/article/424/ccep_invierta-y-gane-con-energia.pdf)
- CODENSA. (2017). TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA ( \$ / kWh ) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS ( CREG ) MAYO DE 2017, 2017.
- Colombia, Congreso. de. (2014). Ley 1715 de 2014, *10017*(May).
- Dirección Ejecutiva de Estudios Económicos del Grupo Bolívar. (2016). Panorama actual del sector eléctrico colombiano: ¿habrá racionamiento?, 1.
- Fallis, A. . (2013). *ENERGIA SOLAR imp. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hugo Cenén Hoyos E. (1993). Apagón Energético y cacería de brujas. Retrieved from [http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/08\\_1993-1/Articulo\\_4\\_H&M\\_8.pdf](http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/08_1993-1/Articulo_4_H&M_8.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía, U. D. P. M. E., & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de hidrología, M. Y. E. A. (2005). Mapas de Brillo Solar. *Atlas de Radiación Solar de Colombia*, 41–57.
- MINMINAS. (2016). Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía. Retrieved from <https://www.minminas.gov.co/retie>
- Mppt, C., & Controllers, C. (2017). FLEXmax 60/80, 1–2.
- Q\_Cells. (2015). Q.pro-g3 255-265, 1–2.
- Remme, U. (2013). Solar PV Vision by 2050 Various IEA scenarios for PV.
- UPME. (2015a). Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. *Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*, 184. Retrieved from [http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN\\_IdearioEnergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf)
- UPME, D. de E.-G. de G. (2015b). Informe Mensual De Variables De Generación Y Del Mercado Eléctrico Colombiano – Enero De 2015 Subdirección De Energía Eléctrica – Grupo De Generación, (69), 1–16.
- Vélez, I. (2006). Construcción de los flujos de caja en un proyecto. *Decisiones de Inversión*, 232–292.

## Anexo A – Ficha técnica: Panel solar – Q.PRO-G3 255-265



The new Q.PRO-G3 is the reliable evergreen for all applications. The third module generation from Q CELLS has been optimised across the board: improved output yield, higher operating reliability and durability, quicker installation and more intelligent design.

#### INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY

- Maximum yields with excellent low-light and temperature behaviour.
- Certified fully resistant to level 5 salt fog

#### ENDURING HIGH PERFORMANCE

- Long-term Yield Security due to Anti PID Technology<sup>1</sup>, Hot-Spot Protect, and Traceable Quality Tra.Q<sup>TM</sup>.
- Long-term stability due to VDE Quality Tested – the strictest test program.

#### SAFE ELECTRONICS

- Protection against short circuits and thermally induced power losses due to breathable junction box and welded cables.
- Increased flexibility due to MC4-intermateable connectors.

#### PROFIT-INCREASING GLASS TECHNOLOGY

- Reduction of light reflection by 50%, plus long-term corrosion resistance due to high-quality
- Sol-Gel roller coating processing.

#### LIGHTWEIGHT QUALITY FRAME

- Stability at wind loads of up to 5400 Pa with a module weight of just 19 kg due to slim frame design with high-tech alloy.

#### MAXIMUM COST REDUCTIONS

- Up to 31% lower logistics costs due to higher module capacity per box.

#### EXTENDED WARRANTIES

- Investment security due to 12-year product warranty and 25-year linear performance warranty<sup>2</sup>.



#### THE IDEAL SOLUTION FOR:



Rooftop arrays on commercial/industrial buildings



Ground-mounted solar power plants



Rooftop arrays on residential buildings

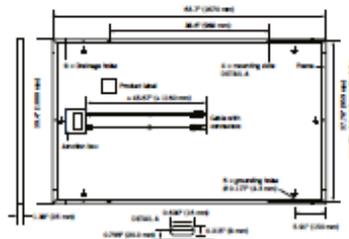
<sup>1</sup> APT test conditions: Cells at -1000V against grounded, with conductive metal foil covered module surface, 25°C, 168h

<sup>2</sup> See data sheet on rear for further information.

Engineered in Germany

**Q CELLS**

MECHANICAL SPECIFICATION	
<b>Format</b>	65.7 in x 39.4 in x 1.38 in (including frame) (1670 mm x 1000 mm x 35 mm)
<b>Weight</b>	41.89 lb (19.0 kg)
<b>Front Cover</b>	0.13 in (3.2 mm) thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
<b>Back Cover</b>	Composite film
<b>Frame</b>	Anodized aluminum
<b>Cell</b>	6 x 10 polycrystalline solar cells
<b>Junction box</b>	Protection class IP67, with bypass diodes
<b>Cable</b>	4 mm <sup>2</sup> Solar cable; (+) >45.67 in (1160 mm), (-) >45.67 in (1160 mm)
<b>Connector</b>	SOLARLOK PV4, IP68



ELECTRICAL CHARACTERISTICS				
PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS (STC: 1000 W/m <sup>2</sup> , 25 °C, AM 1.5G SPECTRUM) <sup>1</sup>				
NOMINAL POWER (+5W/-0W)		[W]	255	260
Average Power	$P_{MPP}$	[W]	257.5	267.5
Short Circuit Current	$I_{SC}$	[A]	8.90	9.28
Open Circuit Voltage	$V_{OC}$	[V]	37.83	38.52
Current at $P_{MPP}$	$I_{MPP}$	[A]	8.37	8.69
Voltage at $P_{MPP}$	$V_{MPP}$	[V]	30.77	30.79
Efficiency (Nominal Power)	$\eta$	[%]	≥ 15.3	≥ 15.9
PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CELL TEMPERATURE (NOCT: 800 W/m <sup>2</sup> , 45 ± 3 °C, AM 1.5G SPECTRUM) <sup>2</sup>				
NOMINAL POWER (+5W/-0W)		[W]	255	260
Average Power	$P_{MPP}$	[W]	189.7	197.1
Short Circuit Current	$I_{SC}$	[A]	7.18	7.48
Open Circuit Voltage	$V_{OC}$	[V]	35.22	35.86
Current at $P_{MPP}$	$I_{MPP}$	[A]	6.56	6.80
Voltage at $P_{MPP}$	$V_{MPP}$	[V]	28.92	28.97

<sup>1</sup> Measurement tolerances STC: ±3% ( $P_{MPP}$ ); ±10% ( $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$ ,  $I_{MPP}$ ,  $V_{MPP}$ )    <sup>2</sup> Measurement tolerances NOCT: ±5% ( $P_{MPP}$ ); ±10% ( $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$ ,  $I_{MPP}$ ,  $V_{MPP}$ )

Q CELLS PERFORMANCE WARRANTY	PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE
<p>At least 97% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.5% degradation per year. At least 92% of nominal power after 10 years. At least 83% of nominal power after 25 years.</p> <p>All data with measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q CELLS sales organization of your respective country.</p>	<p>The typical change in module efficiency at an irradiance of 200 W/m<sup>2</sup> in relation to 1000 W/m<sup>2</sup> (both at 25 °C and AM 1.5G spectrum) is -2% (relative).</p>

TEMPERATURE COEFFICIENTS (AT 1000 W/M <sup>2</sup> , 25 °C, AM 1.5G SPECTRUM)			
Temperature Coefficient of $I_{SC}$	$\alpha$	[%/K]	+0.04
Temperature Coefficient of $P_{MPP}$	$\gamma$	[%/K]	-0.42
Temperature Coefficient of $V_{OC}$	$\beta$	[%/K]	-0.30
NOCT		[°F]	113 ± 5.4 (45 ± 3 °C)

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN			
Maximum System Voltage $V_{SYS}$	[V]	1000 (IEC) / 600 (UL)	Safety Class II
Maximum Series Fuse Rating	[A DC]	20	Fire Rating C
Max Load (UL) <sup>2</sup>	[lbs/ft <sup>2</sup> ]	75 (3600 Pa)	Permitted module temperature on continuous duty: -40°F up to +185°F (-40°C up to +85°C)
Load Rating (UL) <sup>2</sup>	[lbs/ft <sup>2</sup> ]	75 (3600 Pa)	<sup>2</sup> see installation manual

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES	PACKAGING INFORMATION
UL 1703; VDE Quality Tested; CE-compliant; IEC 61215 (Ed.2); IEC 61730 (Ed.1) application class A	Number of Modules per Pallet: 29
	Number of Pallets per 53' Container: 32
	Number of Pallets per 40' Container: 26
	Pallet Dimensions (L x W x H): 68.5 in x 44.5 in x 46.0 in (1740 x 1130 x 1170 mm)
	Pallet Weight: 1323 lb (600 kg)

NOTE: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

Hanwha Q CELLS USA Corp. 8001 Irvine Center Drive, suite 1250, Irvine CA 92618, USA | TEL +1 848 748 59 96 | FAX +1 949 748 59 84 | EMAIL q-cells-usa@q-cells.com | WEB www.q-cells.us

Engineered in Germany

### Three Reasons to Choose the FLEXmax 60/80 Charge Controllers from OutBack Power:

#### 1. DESIGNED FOR PERFORMANCE

- **The de facto standard in the industry**, from the originators of the multiple voltage MPPT charge controller and the first choice for system design professionals
- Innovative FLEXmax MPPT software algorithm is both continuous and active; increases PV array output by up to 30%
- Lower PV array voltage means maximum resistance from shading versus higher voltage controllers
- Full power output in ambient temperature up to 104°F (40°C)
- Battery voltages from 12 to 60VDC
- Greater than 98% peak efficiency; less than 1W self-consumption

#### 2. ENGINEERED FOR RELIABILITY

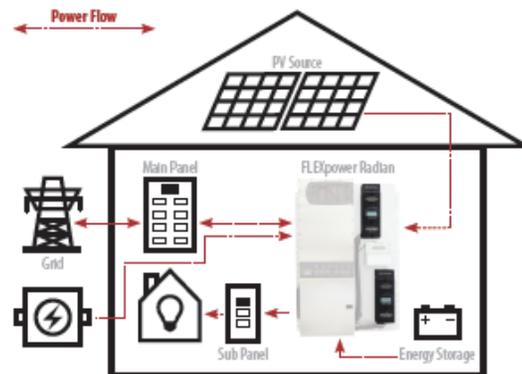
- **Extensive quality and reliability testing**, including Highly Accelerated Life Testing (HALT)
- 15 years of experience manufacturing products for fault intolerant, mission-critical applications
- Standard 5 year warranty (extended 10 year warranty available)

#### 3. EASY-TO-INSTALL, MONITOR AND CONTROL

- **System configures quickly** with smart programming wizards (MATE3 required)
- Built in 4 line 80-character display for easy programming with no other equipment required
- Monitor, command and control from any internet-connected device with OPTICS RE
- Fully OutBack network integrated and programmable
- Programmable auxiliary control output for smart load controls
- Built-in 128 days of data logging
- Global technical support



### OutBack FLEXmax 60/80 Typical System Integration (w/ FLEXpower Radian):



OUTBACK POWER — MASTERS OF THE OFF-GRID. FIRST CHOICE FOR THE NEW GRID.



#### MAKE THE POWER

- FLEXpower Integrated Systems
- Inverter/Chargers & Charge Controllers



#### STORE THE ENERGY

- EnergyCell RE, GH, NC and OPzV Batteries
- Battery Enclosures and Racking



#### MANAGE THE SYSTEM

- OPTICS RE System Monitoring and Control
- MATE3 System Display and Communications

Models:	FLEXmax 80 (FM80-150VDC)	FLEXmax 60 (FM60-150VDC)
Nominal Battery Voltages	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)
Maximum Output Current	80A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit
NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate	12VDC systems: 1000W / 24VDC systems: 2000W 48VDC systems: 4000W / 60VDC systems: 5000W	12VDC systems: 750W / 24VDC systems: 1500W 48VDC systems: 3000W / 60VDC systems: 3750W
PV Open Circuit Voltage (VOC)	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum
Standby Power Consumption	Less than 1W typical	Less than 1W typical
Power Conversion Efficiency	97.5% @ 60ADC in a 48VDC System (typical)	96.1% @ 60ADC in a 48VDC System (typical)
Peak Efficiency	60VDC input w/48V battery at 52.1VDC (98.44%)	60VDC input w/48V battery at 52.8VDC (98.31%)
Charging Regulation	Bulk, absorption, float, silent and equalization	Bulk, absorption, float, silent and equalization
Voltage Regulation Set points	13 to 60VDC user adjustable with password protection	13 to 60VDC user adjustable with password protection
Equalization Charging	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed
Battery Temperature Compensation	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell
Voltage Step-Down Capability	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. Example: 72VDC array to 24VDC battery, 60VDC array to 48VDC battery	
Programmable Auxiliary Control Output	12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2ADC)	
Status Display	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total
Remote Display and Controller	Optional MATE1, MATE or MATE2	Optional MATE1, MATE or MATE2
Network Cabling	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)
Data Logging	Last 128 days of operation: amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array voltage, maximum battery voltage, min. battery voltage and absorb time, a accumulated amp-hours, and kWh of production	
Operating Temperature Range	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)
Environmental Rating	Indoor Type 1	Indoor Type 1
Conduit Knockouts	One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom	One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom
Warranty	Standard 5-year / Available 10-year	Standard 5-year / Available 10-year
Weight (lb/kg)	Unit: 12.20 / 5.53 Shipping: 15.5 / 7	Unit: 11.65 / 5.3 Shipping: 14.9 / 6.8
Dimensions H x W x D (in/cm)	Unit: 16.25 x 5.75 x 4.5 / 41.3 x 14.6 x 11.4 Shipping: 19 x 9.5 x 8.5 / 48.3 x 24.1 x 21.6	Unit: 13.75 x 5.75 x 4.5 / 35 x 14.6 x 11.4 Shipping: 17 x 9.5 x 8.5 / 43.2 x 24.1 x 21.6
Options	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10.3, MATE, MATE2, MATE3	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10.3, MATE, MATE2, MATE3
Menu Languages	English & Spanish	English & Spanish
Certifications	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1

\*Use appropriate wire size in accordance with NEC.

**Low Voltage Charge Controller Advantage—Smaller string size reduces power output loss in the event of inadvertent module shading**

**OutBack FLEXmax 80 Charge Controller**  
**Lower Voltage Four-String, 3780W Array (315W Modules)**

Shading of a single module affects one string, resulting in a power output loss of up to 25%

**Competitor Charge Controller**  
**Higher Voltage Two-String, 3780W Array (315W Modules)**

Shading of a single module affects one string, resulting in a power output loss of up to 50%

## Anexo C – Flujos de caja

### Tabla 10. Flujo de caja escenario # 1.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Línea de egresos / inversión</b>																
Inversión - costo implementación:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía consumida [kWh/año]:	0	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03	196.639,03
Costo de energía [COL\$/kWh]:	0	425,26	438,01	451,15	464,69	478,63	492,99	507,78	523,01	538,70	554,86	571,51	588,65	606,31	624,50	643,24
Gastos por generación de energía [COL\$]:	0	83.621.847,50	86.130.502,92	88.714.418,01	91.375.850,55	94.117.126,06	96.940.639,85	99.848.859,04	102.844.324,81	105.929.654,56	109.107.544,19	112.380.770,52	115.752.193,64	119.224.759,44	122.801.502,23	126.485.547,29
<b>TOTAL</b>	-	<b>83.621.847,50</b>	<b>86.130.502,92</b>	<b>88.714.418,01</b>	<b>91.375.850,55</b>	<b>94.117.126,06</b>	<b>96.940.639,85</b>	<b>99.848.859,04</b>	<b>102.844.324,81</b>	<b>105.929.654,56</b>	<b>109.107.544,19</b>	<b>112.380.770,52</b>	<b>115.752.193,64</b>	<b>119.224.759,44</b>	<b>122.801.502,23</b>	<b>126.485.547,29</b>
<b>Línea de ingresos / ahorros</b>																
Capacidad generación energía/año [%]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía generada [kWh/año]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de energía [COL\$]:	0	425,26	438,01	451,15	464,69	478,63	492,99	507,78	523,01	538,70	554,86	571,51	588,65	606,31	624,50	643,24
Ingresos por generación de energía [COL\$]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-	<b>(83.621.847,50)</b>	<b>(86.130.502,92)</b>	<b>(88.714.418,01)</b>	<b>(91.375.850,55)</b>	<b>(94.117.126,06)</b>	<b>(96.940.639,85)</b>	<b>(99.848.859,04)</b>	<b>(102.844.324,81)</b>	<b>(105.929.654,56)</b>	<b>(109.107.544,19)</b>	<b>(112.380.770,52)</b>	<b>(115.752.193,64)</b>	<b>(119.224.759,44)</b>	<b>(122.801.502,23)</b>	<b>(126.485.547,29)</b>

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 11. Flujo de caja escenario # 2.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Línea de egresos / inversión</b>																
Inversión - costo implementación:	602.581.045,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento:	0	4.779.420,80	4.922.804,42	5.070.489,56	5.222.605,24	5.379.284,40	5.540.663,93	5.706.884,85	5.878.092,40	6.054.436,17	6.236.070,25	6.423.153,36	6.615.848,96	6.814.325,43	7.018.756,19	7.229.319,88
<b>TOTAL</b>	<b>602.581.045,50</b>	<b>4.779.420,80</b>	<b>4.922.804,42</b>	<b>5.070.489,56</b>	<b>5.222.605,24</b>	<b>5.379.284,40</b>	<b>5.540.663,93</b>	<b>5.706.884,85</b>	<b>5.878.092,40</b>	<b>6.054.436,17</b>	<b>6.236.070,25</b>	<b>6.423.153,36</b>	<b>6.615.848,96</b>	<b>6.814.325,43</b>	<b>7.018.756,19</b>	<b>7.229.319,88</b>
<b>Línea de ingresos / ahorros</b>																
Capacidad generación energía/año [%]:		100%	97,00%	96,40%	95,80%	95,20%	94,60%	94,00%	93,40%	92,80%	92,20%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%
Energía generada [kWh/año]:		196.639,03	190.739,86	189.560,02	188.380,19	187.200,35	186.020,52	184.840,69	183.660,85	182.481,02	181.301,18	180.907,91	180.907,91	180.907,91	180.907,91	180.907,91
Costo de energía [COL\$/kWh]:		425,26	438,01	451,15	464,69	478,63	492,99	507,78	523,01	538,70	554,86	571,51	588,65	606,31	624,50	643,24
Ingresos por generación de energía [COL\$]:		83.621.847,50	83.546.587,83	85.520.698,96	87.538.064,83	89.599.504,01	91.705.845,29	93.857.927,50	96.056.599,38	98.302.719,43	100.597.155,75	103.390.308,88	106.492.018,14	109.686.778,69	112.977.382,05	116.366.703,51
<b>TOTAL</b>	-	<b>83.621.847,50</b>	<b>83.546.587,83</b>	<b>85.520.698,96</b>	<b>87.538.064,83</b>	<b>89.599.504,01</b>	<b>91.705.845,29</b>	<b>93.857.927,50</b>	<b>96.056.599,38</b>	<b>98.302.719,43</b>	<b>100.597.155,75</b>	<b>103.390.308,88</b>	<b>106.492.018,14</b>	<b>109.686.778,69</b>	<b>112.977.382,05</b>	<b>116.366.703,51</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>(602.581.045,50)</b>	<b>78.842.426,70</b>	<b>78.623.783,41</b>	<b>80.450.209,40</b>	<b>82.315.459,58</b>	<b>84.220.219,61</b>	<b>86.165.181,36</b>	<b>88.151.042,65</b>	<b>90.178.506,98</b>	<b>92.248.283,26</b>	<b>94.361.085,49</b>	<b>96.967.155,52</b>	<b>99.876.169,18</b>	<b>102.872.453,26</b>	<b>105.958.625,86</b>	<b>109.137.383,63</b>
	(602.581.045,50)	(531.921.046,67)	(468.769.902,39)	(410.857.963,19)	(357.752.894,01)	(309.057.870,01)	(264.408.671,84)	(223.471.017,57)	(185.938.112,18)	(151.528.396,90)	(119.983.482,20)	(90.931.569,65)	(64.113.618,74)	(39.357.847,84)	(16.505.684,57)	4.589.249,97

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Flujo de caja escenario # 3.**

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Línea de egresos / inversión</b>																	
Inversión - costo implementación:	499.267.350,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mantenimiento:		4.779.420,80	4.922.804,42	5.070.489,56	5.222.605,24	5.379.284,40	5.540.663,93	5.706.884,85	5.878.092,40	6.054.436,17	6.236.070,25	6.423.153,36	6.615.848,96	6.814.325,43	7.018.756,19	7.229.319,88	
<b>TOTAL</b>	<b>499.267.350,00</b>	<b>4.779.420,80</b>	<b>4.922.804,42</b>	<b>5.070.489,56</b>	<b>5.222.605,24</b>	<b>5.379.284,40</b>	<b>5.540.663,93</b>	<b>5.706.884,85</b>	<b>5.878.092,40</b>	<b>6.054.436,17</b>	<b>6.236.070,25</b>	<b>6.423.153,36</b>	<b>6.615.848,96</b>	<b>6.814.325,43</b>	<b>7.018.756,19</b>	<b>7.229.319,88</b>	
<b>Línea de ingresos / ahorros</b>																	
Capacidad generación energía/año [%]:		100%	97,00%	96,40%	95,80%	95,20%	94,60%	94,00%	93,40%	92,80%	92,20%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	
Energía generada [kWh/año]:		196.639,03	190.739,86	189.560,02	188.380,19	187.200,35	186.020,52	184.840,69	183.660,85	182.481,02	181.301,18	180.907,91	180.907,91	180.907,91	180.907,91	180.907,91	
Costo de energía [COL\$/kWh]:		425,26	438,01	451,15	464,69	478,63	492,99	507,78	523,01	538,70	554,86	571,51	588,65	606,31	624,50	643,24	
Ingresos por generación de energía [COL\$]:		83.621.847,50	83.546.587,83	85.520.698,96	87.538.064,83	89.599.504,01	91.705.845,29	93.857.927,50	96.056.599,38	98.302.719,43	100.597.155,75	103.390.308,88	106.492.018,14	109.686.778,69	112.977.382,05	116.366.703,51	
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>83.621.847,50</b>	<b>83.546.587,83</b>	<b>85.520.698,96</b>	<b>87.538.064,83</b>	<b>89.599.504,01</b>	<b>91.705.845,29</b>	<b>93.857.927,50</b>	<b>96.056.599,38</b>	<b>98.302.719,43</b>	<b>100.597.155,75</b>	<b>103.390.308,88</b>	<b>106.492.018,14</b>	<b>109.686.778,69</b>	<b>112.977.382,05</b>	<b>116.366.703,51</b>	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>(499.267.350,00)</b>	<b>78.842.426,70</b>	<b>78.623.783,41</b>	<b>80.450.209,40</b>	<b>82.315.459,58</b>	<b>84.220.219,61</b>	<b>86.165.181,36</b>	<b>88.151.042,65</b>	<b>90.178.506,98</b>	<b>92.248.283,26</b>	<b>94.361.085,49</b>	<b>96.967.155,52</b>	<b>99.876.169,18</b>	<b>102.872.453,26</b>	<b>105.958.625,86</b>	<b>109.137.383,63</b>	
	(499.267.350,00)	(428.607.351,17)	(365.456.206,89)	(307.544.267,69)	(254.439.198,51)	(205.744.174,51)	(161.094.976,34)	(120.157.322,07)	(82.624.416,68)	(48.214.701,40)	(16.669.786,70)	12.382.125,85	39.200.076,76	26.817.950,91	24.755.770,90	22.852.163,28	
																21.094.934,54	
																	107.902.945,47

Fuente: Elaboración propia