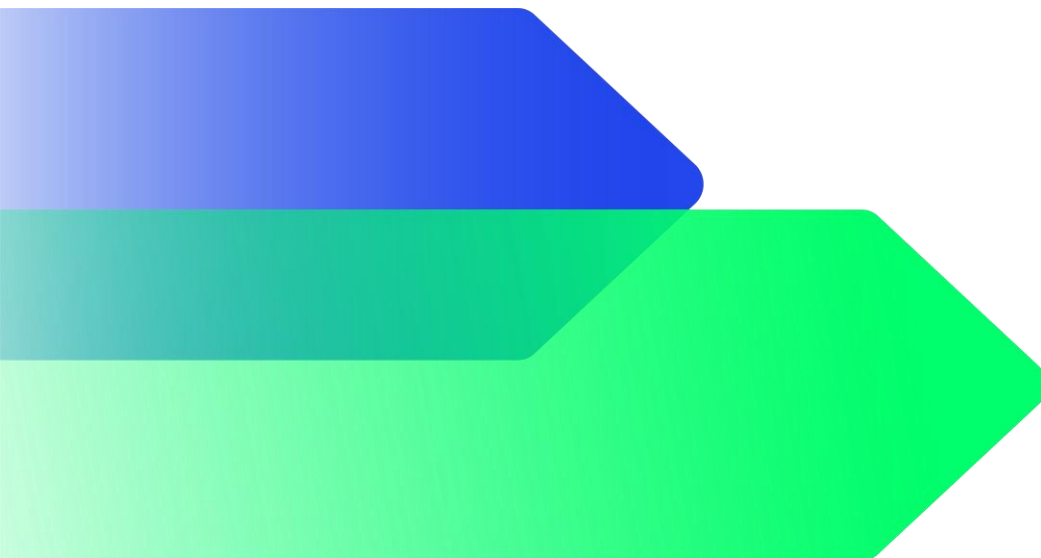
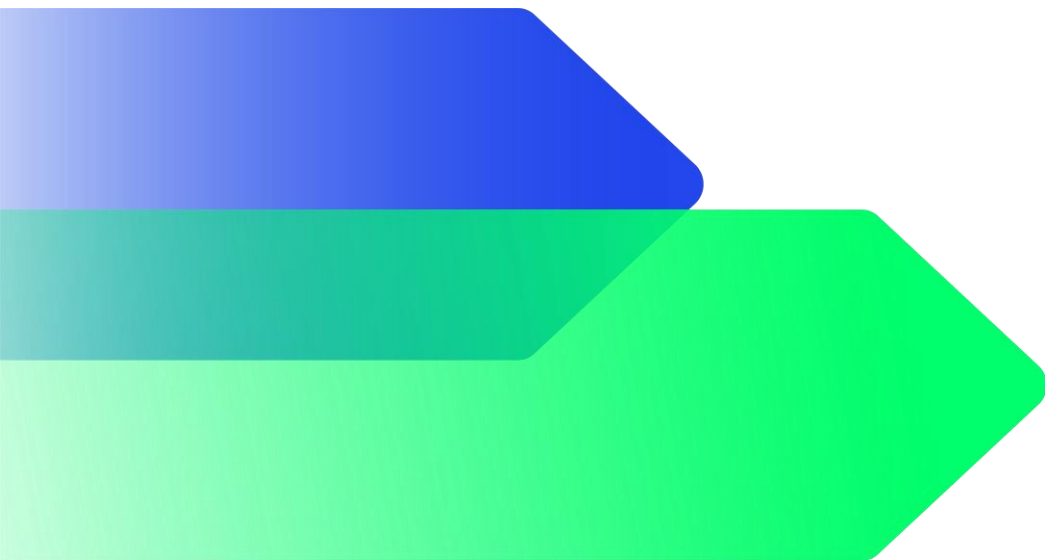


GUÍA DEL USUARIO DE LA HERRAMIENTA:

# Evaluación de beneficios económicos de la implementación de tecnologías de redes inteligentes para usuarios finales

08 de marzo de 2022





## INTRODUCCIÓN

# Acerca de la guía

Esta guía de usuario fue elaborada para complementar la herramienta desarrollada por Carbon Trust en el marco del proyecto *“Apoyo al despliegue de tecnologías de redes inteligentes en Colombia Fase 2: Avanzando hacia la implementación”*, el cual busca brindar asistencia técnica al sector privado para desarrollar sus capacidades para implementar tecnologías de redes inteligentes y, al mismo tiempo, brindar apoyo al gobierno colombiano para que coloque los incentivos adecuados para que los consumidores de energía las utilicen.

La herramienta desarrollada busca cuantificar el beneficio económico de los modelos comerciales innovadores de redes inteligentes mediante el análisis de los datos de los medidores inteligentes, las posibles tarifas por tiempo de uso y la adopción de tecnologías inteligentes.

## Agradecimientos

Carbon Trust elaboró esta herramienta y redactó su guía de usuario basándose en un análisis imparcial de fuentes primarias y secundarias, incluidas entrevistas a expertos.

Carbon Trust desea agradecer a todos los que han contribuido con su tiempo y experiencia durante la preparación y finalización de este informe. Un agradecimiento especial para la Universidad Nacional Autónoma de Colombia.

Esta guía fue patrocinada por UK PACT. Para evitar dudas, este informe expresa puntos de vista independientes de los autores.

## Quienes somos

Establecido en 2001, Carbon Trust trabaja con empresas, gobiernos e instituciones de todo el mundo, ayudándoles a contribuir y beneficiarse de un futuro más sostenible a través de la reducción de emisiones de carbono, estrategias de eficiencia de recursos y la comercialización de empresas, sistemas y tecnologías con bajas emisiones de carbono.

The Carbon Trust:

- trabaja con empresas y gobiernos, ayudándoles a alinear sus estrategias con la ciencia del clima y cumplir con los objetivos del Acuerdo de París;
- proporciona asesoramiento y garantía de expertos, dando a los inversores y las instituciones financieras la confianza de que las finanzas ecológicas tendrán resultados verdaderamente ecológicos; y
- apoya el desarrollo de tecnologías y soluciones bajas en carbono, sentando las bases para el sistema energético del futuro.

Con sede en Londres, Carbon Trust cuenta con un equipo global de más de 200 empleados, que representan a más de 30 nacionalidades, con base en los cinco continentes.



**La misión de Carbon Trust es acelerar la transición hacia un futuro descarbonizado.**

**Autores:**

**Sebastián Del Cueto**, Senior Analyst

**Laura Glover**, Manager - Energy Transition

**Revisado por:**

**Maria Gonzalez**, Senior Associate

**Historial de Versiones:**

<b>Número de Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Actualizaciones</b>
1.0	04/02/2022	Documento Original

# Contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Acerca de la guía</b> .....	<b>1</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>1</b>
<b>Quienes somos</b> .....	<b>1</b>
<b>Autores:</b> .....	<b>2</b>
<b>Revisado por:</b> .....	<b>2</b>
<b>Historial de Versiones:</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Estructura de la herramienta</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Guía para utilizar el modelo</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Entradas por Tablero</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2. Resultados</b> .....	<b>19</b>
<b>4. Guía para actualizar el modelo</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1. Introducción</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2. Añadir nuevas ubicaciones</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3. Actualizar precios por mercado</b> .....	<b>26</b>
<b>4.4. Añadir nuevas curvas de demanda</b> .....	<b>27</b>
<b>4.5. Pasar de costo promedio anual a costos promedio mensuales</b> .....	<b>30</b>
<b>4.6. Ajustar precios para diferentes niveles de tensión</b> .....	<b>31</b>
<b>5. Supuestos y limitaciones</b> .....	<b>33</b>
<b>5.1. Referencias</b> .....	<b>33</b>
<b>5.2. Generales</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3. Específicos</b> .....	<b>33</b>

## Tablas

Tabla 1. Clasificación del generador solar por capacidad instalada.....	15
Tabla 2. Diferencias del funcionamiento de las baterías por tarifa. ....	16
Tabla 3. Metodologías de ajuste de cargas.....	18

## Figuras

Figura 1: Estructura del modelo.....	5
Figura 2: Análisis técnico .....	6
Figura 3: Análisis económico.....	6
Figura 4: Análisis financiero .....	6
Figura 5. Tablero "Base" .....	7
Figura 6. Tablero "Solar FV" .....	7
Figura 7. Tablero "Ajuste de Cargas" .....	8
Figura 8. Tablero "Ajuste de cargas + solar" .....	8
Figura 9. Tablero "Baterías" .....	9
Figura 10. Tablero "EV" .....	9
Figura 11. Esquema del proceso de las hojas de Ajuste de cargas.....	10
Figura 12. Descripción hojas de referencia.....	10
Figura 13. Resultados análisis técnico sin demanda de vehículos eléctricos. ....	19
Figura 14. Resultados análisis técnico con demanda de vehículos eléctricos .....	20
Figura 15. Resultados análisis tecno-económico por escenario.....	20
Figura 16. Resultados análisis financiero para paneles solares y baterías.....	20
Figura 17. Resultados ajuste de carga .....	22
Figura 18. Perfiles de carga de vehículos eléctricos.....	22
Figura 19. Comportamientos de carga por tipo de vehículo.....	23
Figura 20. Seleccionando Macros desde el menú Desarrollador .....	24
Figura 21. Lista desplegable de ciudades .....	25
Figura 22. Hoja Radiación Solar.....	26
Figura 23. Tabla de radiación solar comprimida.....	26

<b>Figura 24. Hoja Precios.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 25. De la curva de demanda predefinida a la personalizada .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 26. Hoja Demanda .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 27. Insertando una curva de demanda con los datos mínimos requeridos .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 28. Agregando una fila para una pregunta de caracterización .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 29. Cambiar costos de línea base .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 30. Cambiar a costos unitarios mensuales .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 31. Sección de Costo unitario desglosado por componente. ....</b>	<b>32</b>

# 1. Introducción

Considerando que los medidores inteligentes habilitarán a los usuarios finales en Colombia a poder elegir si se cambian a una tarifa horaria que les genere beneficios económicos, la herramienta está diseñada para evaluar diferentes tipos de intervenciones tecnológicas (paneles solares, sistemas de almacenamiento de energía, vehículos eléctricos), cómo afectan los perfiles de demanda de electricidad de diferentes tipos de usuarios regulados en Colombia y comparar los beneficios económicos que los usuarios finales pueden obtener al pasar de una tarifa monomía a una tarifa horaria estática con y sin intervenciones. Esta herramienta también puede ser utilizada para evaluar el potencial de gestionar el consumo del lado de la demanda, ya sea de forma manual o automatizada a través de sistemas inteligentes de gestión de la energía.

Esta herramienta está dirigida a usuarios que deseen:

- Conocer el consumo energético anual esperado de diferentes tipos de usuarios regulados, o bien, definir un perfil de demanda propio.
- Diseñar la estructura de la tarifa horaria para analizar su implementación.
- Simular la integración de paneles solares, baterías y/o vehículos eléctricos, considerando variables técnicas y económicas.
- Ajustar su perfil de demanda con base en el precio y su comportamiento.
- Evaluar el impacto en los costos netos anuales de una tarifa horaria contra el escenario base (tarifa monomía).
- Evaluar la factibilidad económica de las intervenciones tecnológicas y de comportamiento mediante diferentes indicadores financieros.



## 2. Estructura de la herramienta

El modelo es una herramienta de cálculo elaborada en Microsoft Excel y está acompañada por esta guía de usuario. El archivo de Excel consiste en siete hojas visibles y 16 hojas ocultas donde todos los cálculos son realizados y donde los datos referencia son almacenados. La estructura de la herramienta consiste en hojas de entrada/salida donde se introduce la información requerida y también se pueden ver resultados numéricos y de forma gráfica.

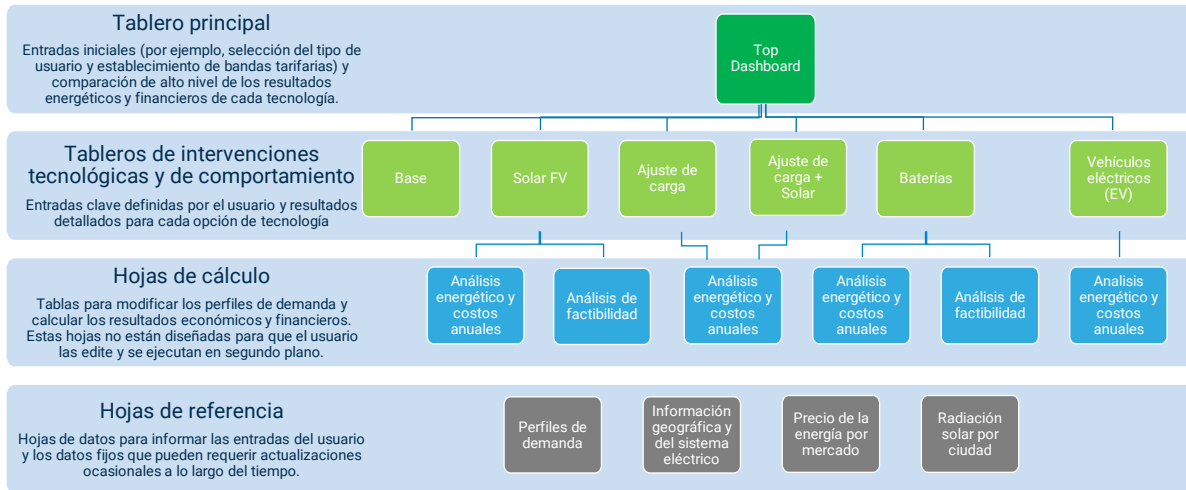


Figura 1: Estructura del modelo

### Hojas visibles

**En todas las hojas visibles se puede visualizar al menos un balance de energía horario y el costo neto anual de la electricidad.**

**Top Dashboard:** En esta hoja, el usuario debe definir el perfil energético de la carga, la estructura tarifaria aplicable y los supuestos financieros de su preferencia.

Con la información ingresada y al especificar los datos en los tableros de intervenciones tecnológicas y de comportamiento el usuario puede visualizar todos los perfiles energéticos, comparar el costo neto anual de la energía de todos los escenarios y visualizar los resultados de los indicadores financieros aplicables a los paneles solares y las baterías.

La hoja se divide en dos columnas principales, a la izquierda la entrada de datos y a la derecha el área de resultados. Así mismo, la hoja tiene 3 secciones: análisis técnico (figura 2), análisis económico (figura 3) y análisis financiero (figura 4).

**Entradas**

Completa los campos en color verde

**Análisis técnico**

**Ubicación**

Ciudad	Manizales
Departamento	Caldas
Área de distribución	Centro
Mercado	Caldas
Nivel de altitud	Alto
Consumo de subsistencia (kWh)	130
Clima	Frio

**Perfil Energético**

Tipo de usuario	Residencial
Estrato (si aplica)	E1
Ajuste al Costo Unitario	Subsidio 1
Nivel de Tensión	
Rango de Tensión	N1 < 1 kV
Capacidad de conexión (kW)	6
Consumo energético anual (kWh)	165

**Cuestionario de caracterización (si está disponible)**

1. Uso de energía eléctrica para calentar el agua entre 5-7 am	No
2. Uso de energía eléctrica para calentar el agua Entre 7-9 am	No
3. Uso de electrodomésticos en la mañana (Cafetera, Horno)	No
4. Uso de electrodomésticos en la mañana (Cafetera, Horno)	No
5. Hace uso de electrodomésticos en horas del medio día	No
Perfil de demanda seleccionado (Cluster)	1

**Resultados**

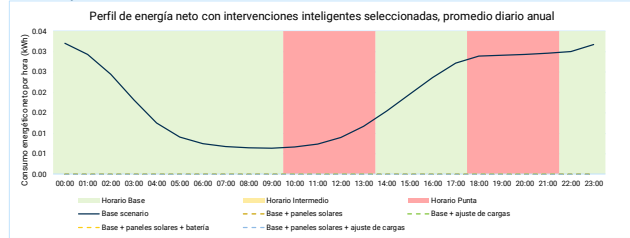
La sección de resultados reflejará los datos completos una vez que se hayan completado las hojas de intervención tecnológica y de comportamiento

**Perfiles energéticos**

Selecciona los escenarios para reflejar la curva de demanda y sus cambios.

**Sin vehículos eléctricos**

- Demanda base
- Demanda base + paneles solares
- Demanda base + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + baterías



**Escenario de Vehículos Eléctricos**

- Demanda base con EV carga estándar
- Demanda base con EV carga inteligente

**Escenarios combinados**

¿Carga inteligente?  Off

- Demanda Base + paneles solares
- Demanda Base + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + baterías

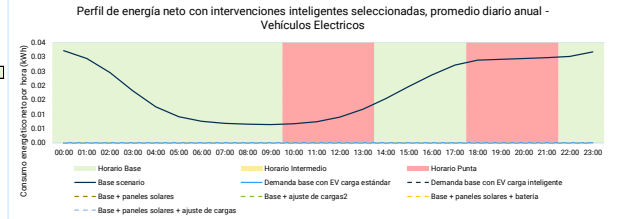


Figura 2: Análisis técnico

**Análisis económico**

**Estructura Tarifaria**

Tipo de Tarifa	Horaria
Tipo de tarifa horaria	Triple
Porcentaje de diferencia entre precio base y punta	50%
Punta	
Inicio de periodo de punta	19:00
Final de periodo de punta	22:59
Intermedio	
Inicio del periodo intermedio	11:00
Fin del periodo intermedio	15:59
¿Los periodos tarifarios están superpuestos?	NO

**Costo Unitario**

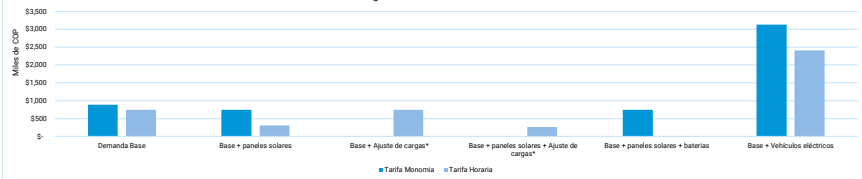
Tipo de Costo Unitario	Predeterminado
Valor del Costo Unitario (COP)	\$ 300.00

**Cálculo de tecnologías**

Actualizar baterías y vehículo eléctrico

**Comparación anual**

Costo energético neto anual en cada escenario



Indicador	Unidades	Demanda Base		Base + paneles solares		Base + Ajuste de cargas*		Base + paneles solares + Ajuste de cargas*		Base + paneles solares + baterías		Base + Vehículos eléctricos	
		Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria**
Importación anual de la red	kWh	2,500	2,500	2,134	1,880	2,500	2,500	1,781	2,094	3,002	8,760	8,760	8,760
Exportación anual a la red	kWh	0	0	47	1,226	0	1,137	0	1,137	1,441	0	0	0
Balance neto	kWh	2,500	2,500	2,087	644	2,500	644	2,094	1,560	1,560	8,760	8,760	8,760
Costo neto anual de la energía	COP	\$893,147	\$742,250	\$749,795	\$309,338	\$742,250	\$268,738	\$748,033	\$8,447	\$3,125,590	\$2,412,394	\$2,412,394	\$2,412,394
Demanda pico	kW	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	3.08	0.00	0.00	0.00
Hora del día de la demanda pico		00:00	00:00	ene 0:00 hrs	ene 0:00 hrs	00:00	00:00	ene 0:00 hrs	mar 0:00 hrs	00:00	00:00	00:00	00:00

\*Ajuste de cargas solo ocurre con una tarifa horaria

\*\* Smart ToU

Figura 3: Análisis económico

**Análisis financiero**

**Supuestos financieros**

Tasa de interés del gobierno (%)	3.75%
Inflación (%)	3.80%
Tipo de cambio COP/USD	3,903

**Requerimientos de inversión**

Máximo tiempo de retorno de inversión (años)	12
Tasa de descuento (%)	7.00%

**Caso de inversión de activos que generan flexibilidad**

Indicador	Unidades	Paneles solares		Paneles solares + baterías	
		Tarifa Monomía	Tarifa Horaria	Tarifa Monomía	Tarifa Horaria
Tiempo de retorno de la inversión simple	años	6.89	8.09	6.93	2.34
Valor presente neto (VPN)	COP	\$766,174,558	\$1,100,699,914	\$737,682,092	\$11,374,246,351
Tasa Interna de Retorno (TIR)	%	10%	11%	10%	42%
Costo nivelado de electricidad (LCOE)	COP/kWh	\$ 292.74	\$ 292.74	\$ 293.05	\$ 293.05
¿Es viable la inversión?		SI	SI	SI	SI

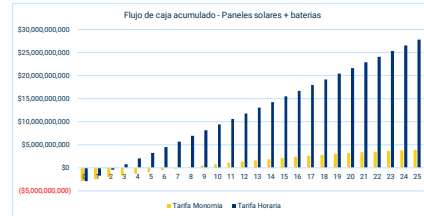
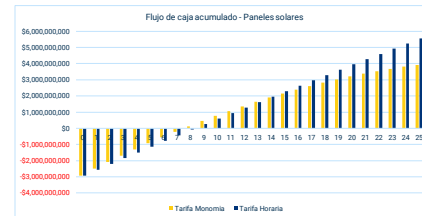


Figura 4: Análisis financiero

**Base:** En esta hoja, el usuario puede seleccionar entre un perfil energético precargado en la herramienta o personalizado por medio del ingreso del consumo horario promedio de un día. Además, se puede visualizar el consumo energético anual y los costos asociados en dos escenarios sin intervenciones.

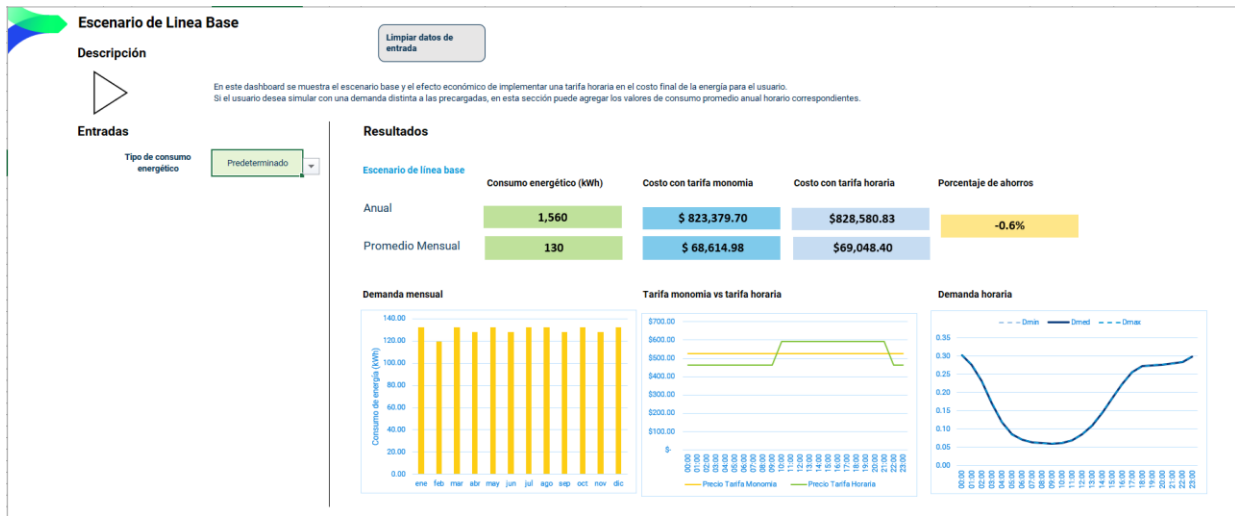


Figura 5. Tablero "Base"

**Solar FV:** En esta hoja, el usuario define el número y la capacidad de los paneles solares a instalar, entre otras variables técnicas y el costo por kW instalado. Ahí mismo puede visualizar la evaluación financiera de la inversión y este análisis es el mismo que se refleja en el Top Dashboard.

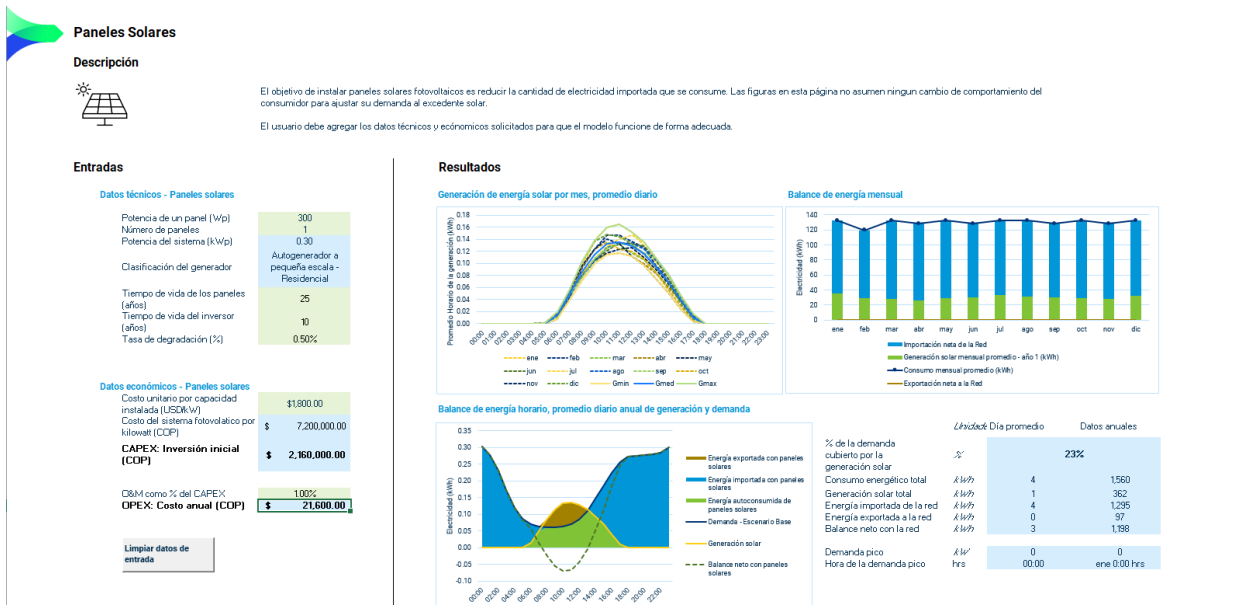


Figura 6. Tablero "Solar FV"

**Ajuste de carga:** en esta hoja se muestra la demanda promedio del escenario base, ajustada por el comportamiento del consumidor. Aquí el usuario puede personalizar las horas del día en que se podría tener flexibilidad para desplazar la demanda.

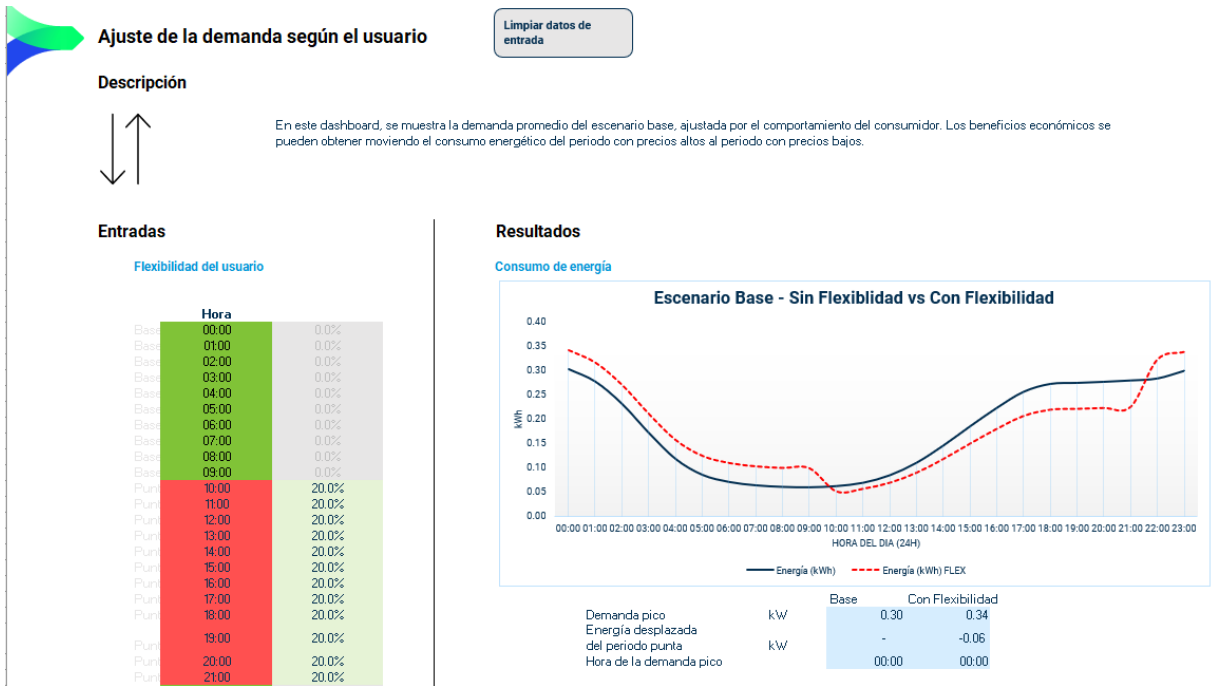


Figura 7. Tablero "Ajuste de Cargas"

**Ajuste de carga + solar:** en esta hoja se muestra la demanda promedio del escenario con paneles solares, ajustada por el comportamiento del consumidor. Aquí el usuario puede personalizar las horas del día en que se podría tener flexibilidad para desplazar la demanda.

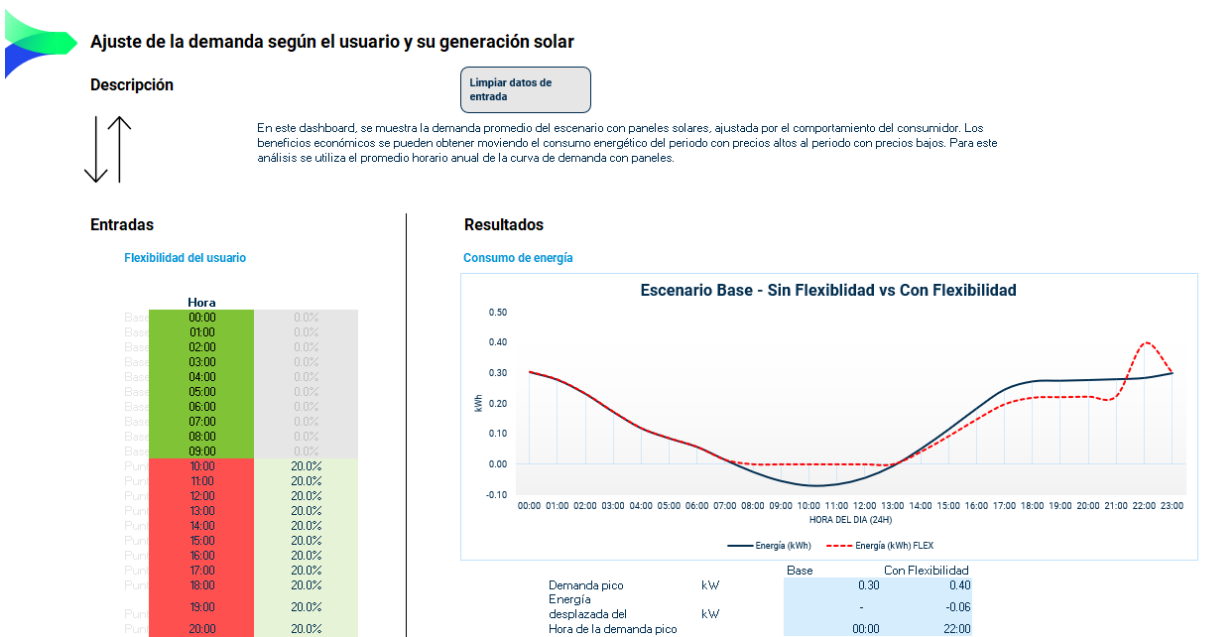


Figura 8. Tablero "Ajuste de cargas + solar"

**Baterías:** En esta hoja, el usuario define la energía y la potencia de las baterías a instalar, entre otras variables técnicas y los costos por kWh y por kW instalado. Ahí mismo puede visualizar la evaluación económica de la inversión.

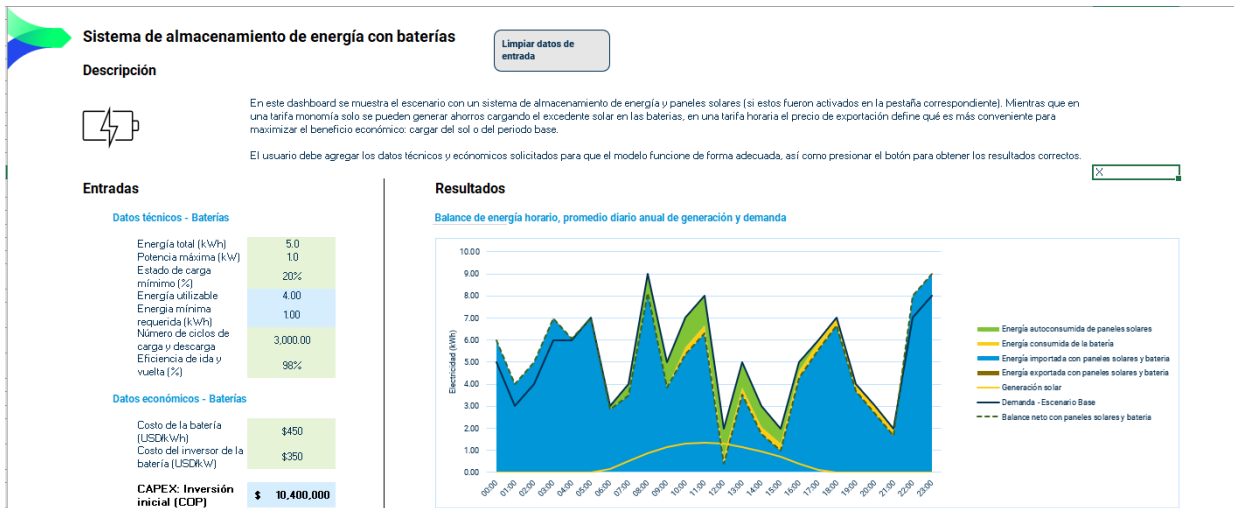


Figura 9. Tablero "Baterías"

**EV:** esta hoja sirve para simular la integración de vehículos eléctricos y el usuario puede definir cinco tipos de vehículos e indicar el número de vehículos y las características de uso por cada tipo.

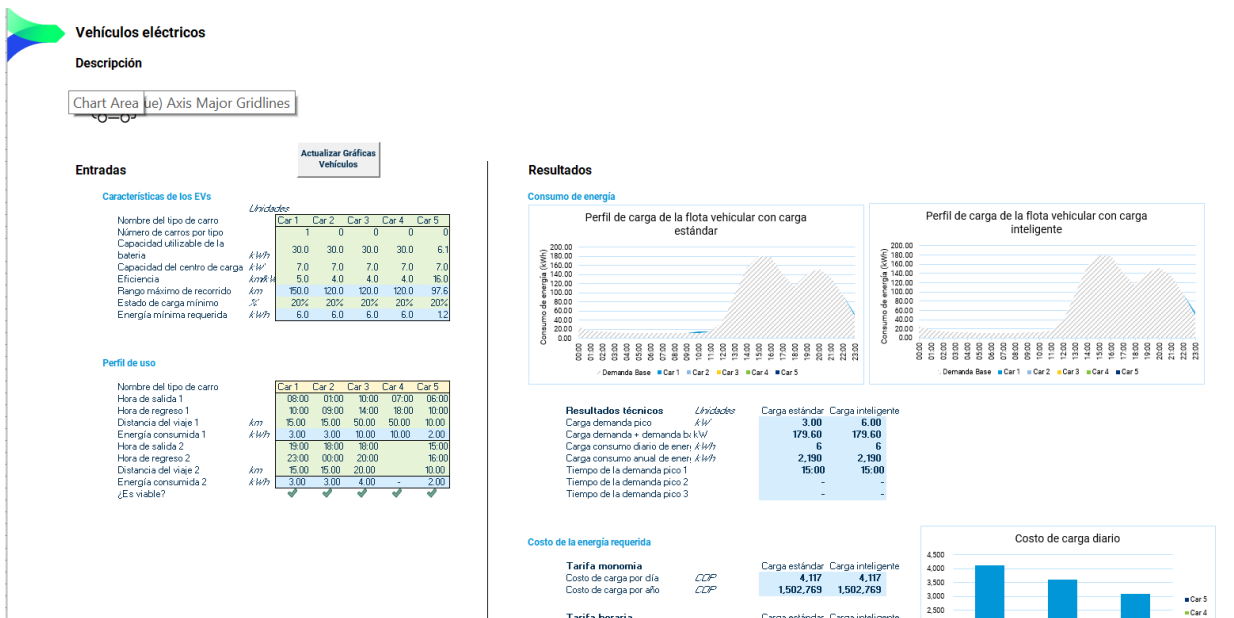


Figura 10. Tablero "EV"

**Hojas ocultas de cálculo:**

- **1 Línea Base:** En esta hoja se calculan los costos del escenario de línea base y del escenario base con tarifa horaria.
- **2A Solar FV:** En esta hoja se calcula la generación de energía solar y se generan las gráficas presentes en su respectivo tablero.
- **2B TMonomía:** En esta hoja se realiza el análisis técnico y económico para los escenarios de tarifa monomía con tecnología de paneles solares y para baterías.
- **2C THoraria:** En esta hoja se análisis técnico y económico para los escenarios de tarifa horaria con tecnología de paneles solares y para baterías. A diferencia de la hoja anterior, aquí se presentan más columnas que ayudan a programar la batería para cargar y descargar en los momentos más convenientes.

- **3 Factibilidad:** En esta hoja se hace el análisis financiero para paneles solares y baterías, considerando los costos y los ahorros anualizados.
- **4 EV:** En esta hoja se hace el análisis técnico y económico para los vehículos eléctricos, como un módulo independiente.
- **Ajuste de cargas (5A Input, 5B Calculations, 5C Results, 6A Input, 6B Calculations, 6C Results):** La descripción de estas hojas se presenta en la Figura 11.

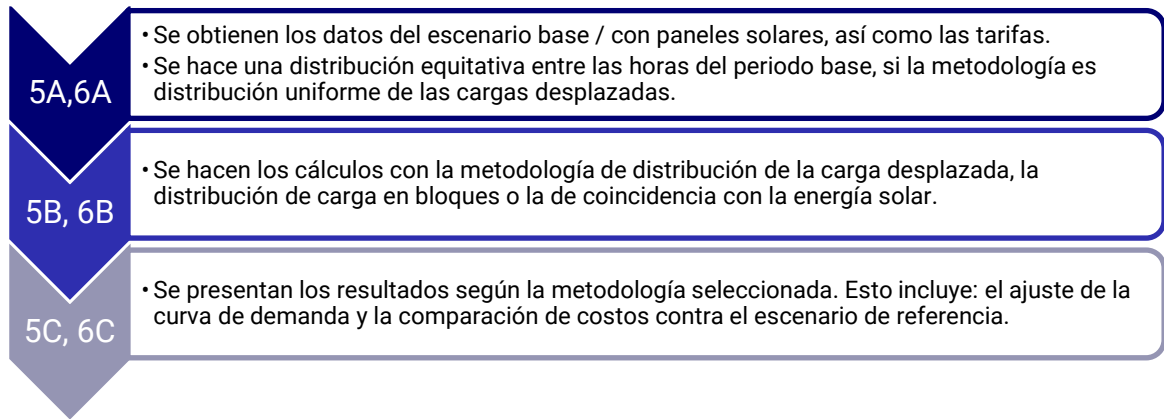


Figura 11. Esquema del proceso de las hojas de Ajuste de cargas

**Hojas de referencia:** La descripción de las hojas **Info Colombia, Radiación Solar, Precios y Demanda** se presenta en la Figura 12.

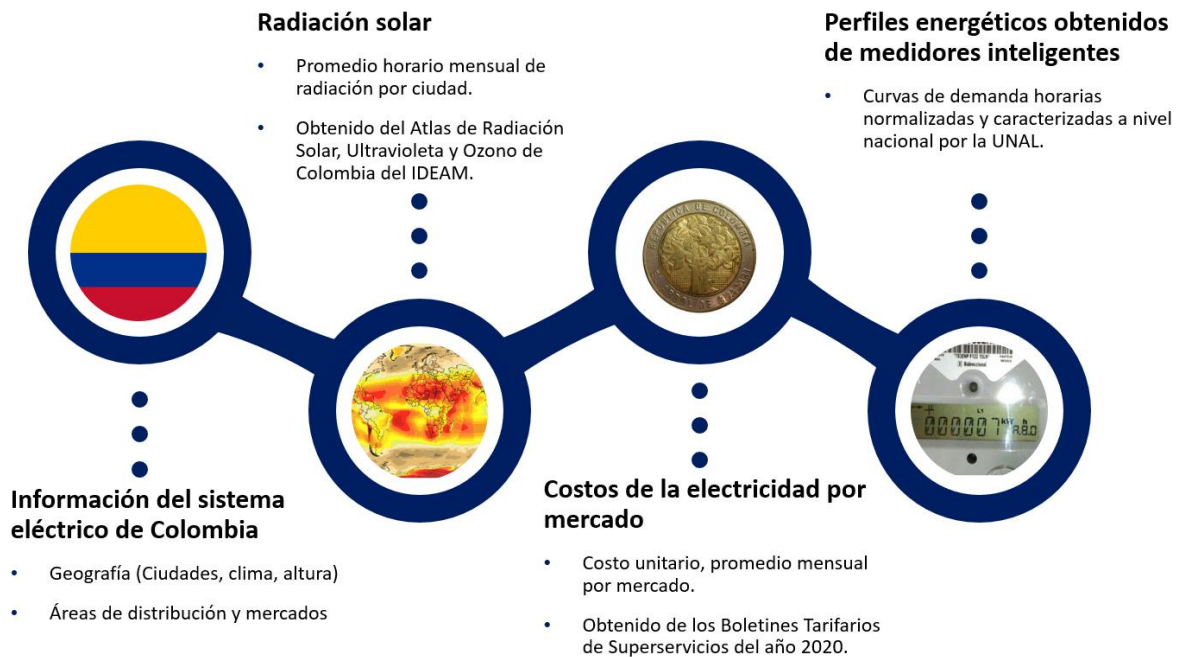
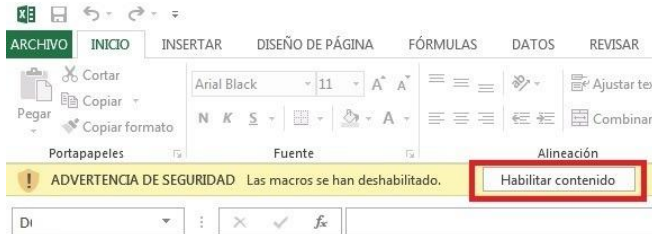


Figura 12. Descripción hojas de referencia

## 3. Guía para utilizar el modelo

### Abrir el archivo

El modelo contiene macros. Si el siguiente mensaje aparece, seleccione “Habilitar contenido”.



### Celdas

**Codificación de colores:** Las celdas en fondo verde son datos de entrada del usuario. Las celdas en fondo azul se calculan a partir de los datos de entrada. La herramienta tiene un código de colores para guiar al usuario en las secciones de entrada de datos y sigue los siguientes lineamientos:

- Entrada del usuario
- Constante
- Cálculo
- Salida
- Errores
- Comentarios

## 3.1. Entradas por Tablero

### 3.1.1. Top Dashboard

El usuario debe llenar de forma obligatoria la sección los datos requeridos en la hoja “Top Dashboard”.

Este dashboard se divide en 3 secciones: Análisis técnico, análisis económico y análisis financiero.

### 3.1.1.1. Análisis técnico

#### Ubicación

Ciudad	Medellín
Departamento	Antioquia
Área de distribución	Centro
Mercado	Antioquia
Nivel de altitud	Medio
Consumo de subsistencia (kWh)	130
Clima	Templado

#### Ubicación

- **Ciudad:** Seleccione entre 19 ciudades de Colombia. Esta variable define otras como Departamento, Área de distribución, Mercado, Nivel de Altitud, Consumo de Subsistencia y Clima. La selección de la ciudad impacta en el costo unitario de la electricidad, así como el promedio horario mensual de la radiación solar.

#### Perfil Energético

Tipo de usuario	Comercial
Estrato (si aplica)	
Ajuste al Costo Unitario	Contribución
Nivel de Tensión	Nivel de Tensión 1
Rango de Tensión	N1 < 1 kV
Capacidad de conexión (kW)	1000
Consumo energético anual (kWh)	600,000

**Perfil energético:** Estos datos de entrada tienen impacto en el perfil de demanda extraído de la base de datos, así como en variables que impactan en el costo unitario de la electricidad.

- **Tipo de usuario:** Seleccione entre Residencial, Comercial o Industrial
- **Estrato (solo residencial):** Seleccione entre E1, E2, E3, E4, E5, o E6
- **Nivel de Tensión (solo Comercial e Industrial):** Seleccione entre N1, N2, N3, N4, o STN
- **Capacidad de conexión:** ingreso de la capacidad en kW.
- **Consumo energético anual:** ingreso del consumo energético anual en kWh.

#### Cuestionario de caracterización (si está disponible)

1 Realiza su actividad principalmente en la noche	No
	No
2 Presenta mayor demanda de energía en la franja de 13 a 16 horas.	Si
	Si
3	No
	Si
4	No
	Si
5	No
	Si
Perfil de demanda seleccionado (Cluster)	56

**Cuestionario de caracterización:** Para definir su perfil energético de acuerdo con las respuestas previas, si aparecen preguntas en esta sección, responda seleccionando Si o No. El identificador del perfil de demanda seleccionado aparecerá al final.



### 3.1.1.2. Análisis económico

#### Estructura Tarifaria

Tipo de tarifa horaria  
Porcentaje de diferencia entre precio base y punta

Doble tipo 1  
50%

#### Punta

Inicio de periodo de punta  
Final de periodo de punta

09:00  
12:59

Tres opciones pueden presentarse, dependiendo de la tarifa seleccionada:

Doble tipo 1 50%	Doble tipo 2 50%	Triple 50%
09:00 12:59	09:00 12:59 19:00 22:59	09:00 12:59
		10:00 17:59

#### Estructura Tarifaria

- **Tipo de tarifa horaria:** Seleccione entre Doble Tipo 1 (un periodo en tarifa punta), Doble Tipo 2 (dos periodos en tarifa punta) y Triple (tarifa base, intermedio y punta).
- **Porcentaje de diferencia entre periodo base y punta:** Asigne un porcentaje entre 0 y 100%.
- **Inicio de periodo de punta, punta 2 (solo Doble Tipo 2) e intermedio (solo Triple):** Seleccione una hora entre 0:00 y 23:00 hrs.

**Final de periodo de punta, punta 2 (solo Doble Tipo 2) e intermedio (solo Triple):** Seleccione entre 00:59 y 23:59.

#### Celda deshabilitada:

Tipo de Costo Unitario  
Predeterminado

Valor del Costo Unitario (COP) \$ 300.00

#### Celda habilitada:

Tipo de Costo Unitario  
Personalizado

Valor del Costo Unitario (COP) \$ 300.00

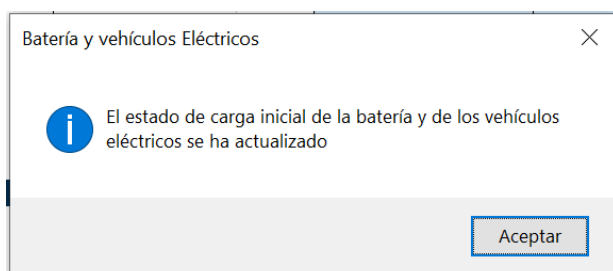
#### Costo Unitario

- **Tipo de costo unitario:** Seleccione si requiere realizar el modelado con el valor predeterminado o si prefiere un valor promedio personalizado.
- **Valor del costo unitario:** Se habilita cuando el usuario selecciona "Personalizado" en la opción anterior. Ingrese un valor numérico positivo.

#### Cálculo de tecnologías

Actualizar baterías y vehículo eléctrico

Mensaje al completar el cálculo:



**Cálculo de tecnologías:** En esta sección se encuentra el botón para actualizar la sección de baterías y de vehículos eléctricos. Una vez que las iteraciones se hayan completado, aparecerá el siguiente mensaje. Úselo hasta que haya completado los datos solicitados en estas dos hojas.

### 3.1.1.3. Análisis financiero

#### Supuestos financieros

Tasa de interés del gobierno (%)	3.70%
Inflación (%)	6.00%
Tipo de cambio COP/USD	4,000

#### Supuestos financieros

- **Tasa de interés del gobierno (%):** Ingrese un valor en porcentaje para este campo.
- **Inflación (%):** Ingrese un valor en porcentaje para este campo.
- **Tipo de cambio COP/USD:** Ingrese el tipo de cambio de pesos colombianos a dólares americanos que desee utilizar para el análisis financiero.

#### Requerimientos de inversión

Máximo tiempo de retorno de inversión (años)	10
Tasa de descuento (%)	12.00%

#### Requerimientos de inversión

- **Máximo tiempo de retorno de inversión (años):** Ingrese el tiempo máximo en años que estaría dispuesto a esperar para recuperar su inversión.
- **Tasa de descuento:** Ingrese un valor en porcentaje para este campo.

### 3.1.2. Base

Si el usuario quiere modificar el perfil de demanda extraído a partir de su selección, debe utilizar esta hoja. Si no, puede pasar a la sección de Solar FV.

<b>Tipo de consumo energético</b>	Personalizado
<b>Hora</b>	
00:00	5.00
01:00	3.00
02:00	4.00
03:00	6.00
04:00	6.00
05:00	7.00
06:00	3.00
07:00	4.00
08:00	9.00
09:00	5.00
10:00	7.00
11:00	8.00
12:00	2.00
13:00	5.00
14:00	3.00
15:00	2.00
16:00	5.00
17:00	6.00
18:00	7.00
19:00	4.00
20:00	3.00
21:00	2.00
22:00	7.00
23:00	8.00

- **Tipo de consumo energético:** Predeterminado por default, si selecciona Personalizado se activa la siguiente entrada.
- **Consumo energético (kWh), promedio diario anual:** Ingrese los datos de la demanda a ser analizada y evaluada por la herramienta.

### 3.1.3. Solar FV

Si el usuario quiere evaluar la factibilidad de instalar un sistema solar fotovoltaico en su instalación, debe llenar los siguientes datos.

#### Datos técnicos - Paneles solares

Potencia de un panel (Wp)	300
Número de paneles	10
Potencia del sistema (kWp)	3.00
Clasificación del generador	Autogenerador a pequeña escala - Residencial
Tiempo de vida de los paneles (años)	25
Tiempo de vida del inversor (años)	10
Tasa de degradación (%)	0.50%

#### Datos técnicos – Paneles solares

- **Potencia de un panel (Wp):** Es la potencia pico del panel a ser instalado. En caso de que utilice múltiples potencias, ingrese un promedio ponderado.
- **Número de paneles:** Es la cantidad de paneles a ser instalados en el sitio.
- **Tiempo de vida de los paneles (años):** Es la cantidad de tiempo operacional que se espera de los paneles solares con un rendimiento aceptable.
- **Tiempo de vida del inversor (años):** Este dato permite calcular la vida útil de la batería.
- **Tasa de degradación (%):** Este dato permite calcular la pérdida de rendimiento del panel a través del tiempo.

#### Datos económicos - Paneles solares

Costo unitario por capacidad instalada (USD/kW)	\$1,800.00
Costo del sistema fotovoltaico por kilowatt (COP)	\$ 7,200,000.00
<b>CAPEX: Inversión inicial (COP)</b>	<b>\$ 21,600,000.00</b>
O&M como % del CAPEX	1.00%
<b>OPEX: Costo anual (COP)</b>	<b>\$ 216,000.00</b>

#### Datos económicos – Paneles solares

- **Costo unitario por capacidad instalada (USD/kWp):** Ingrese el costo en dólares americanos por un kWp de paneles solares. Si tiene el valor de un panel, divida el costo entre la capacidad del panel e ingrese este dato.
- **O&M cómo % del CAPEX:** Este porcentaje es para estimar los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del equipo.

A partir de la potencia de un panel y del número de paneles se calcula la **potencia del sistema** o capacidad a instalar. A partir de este valor se define cómo se clasificaría la instalación para fines de permisos y cómo se pagaría la electricidad exportada a la red.

**Tabla 1. Clasificación del generador solar por capacidad instalada.**

Potencia del sistema	Clasificación del generador
<b>0 a 10 kW</b>	Autogenerador a pequeña escala - Residencial
<b>10 – 100 kW</b>	Autogenerador a pequeña escala - Comercial/Industrial
<b>100 – 1000 kW</b>	Generador distribuido
<b>&gt; 1000 kW</b>	Autogenerador a gran escala

### 3.1.4. Batería

Si el usuario quiere evaluar la factibilidad de instalar un sistema de almacenamiento de energía con baterías en su instalación, debe llenar los datos de las celdas verdes.

#### Datos técnicos - Baterías

Energía total (kWh)	5.0
Potencia máxima (kW)	1.0
Estado de carga mínimo (%)	20%
Energía utilizable (kWh)	4.00
Energía mínima requerida (kWh)	1.00
Número de ciclos de carga y descarga	3,000.00
Eficiencia de ida y vuelta (%)	98%

#### Datos técnicos – Baterías

- **Energía total (kWh):** es la capacidad total de la batería. Incluye energía utilizable y no utilizable.
- **Potencia máxima (kW):** Es el valor de potencia más alto al que se puede cargar y descargar la batería.
- **Estado de carga mínimo (%):** Es el porcentaje de energía que debe tener siempre la batería para su correcto funcionamiento.
- **Número de ciclos de carga y descarga:** Este dato permite calcular la vida útil de la batería.
- **Eficiencia de ida y vuelta (%):** Este número permite calcular la energía que se pierde entre carga y descarga.

#### Datos económicos - Baterías

Costo de la batería (USD/kWh)	\$450
Costo del inversor de la batería (USD/kW)	\$350
<b>CAPEX: Inversión inicial (COP)</b>	<b>\$ 10,400,000</b>
O&M como % del CAPEX	1.00%
<b>OPEX: Costo anual (COP)</b>	<b>\$ 104,000</b>

#### Datos económicos – Baterías:

Todos los datos que se solicitan a continuación son para el análisis de factibilidad.

- **Costo de la batería (USD/kWh):** Ingrese el costo de la batería por kWh.
- **Costo del inversor de la batería (USD/kW):** Ingrese el costo del inversor por kW instalado
- **O&M cómo % del CAPEX:** Este porcentaje es para estimar los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del equipo.

Tabla 2. Diferencias del funcionamiento de las baterías por tarifa.

Tarifa Monomía	Tarifa Horaria
La batería privilegia el autoconsumo del excedente solar en los escenarios con tarifa monomía. Si no hay excedente solar, la batería no tiene un incentivo técnico ni económico para funcionar	La batería está programada para minimizar el costo final de la electricidad y decide cargar del excedente solar o de la red eléctrica dependiendo del diferencial de precio, así como descargarse en las horas con precios altos.

### 3.1.5. Ajuste de carga / Ajuste de carga + solar

Si el usuario quiere evaluar que tanto puede ahorrar si cambia su consumo de los periodos de precios altos a los periodos de precios bajos, debe llenar los siguientes datos.

#### Flexibilidad del usuario

	Hora	
Base	00:00	0.0%
Base	01:00	0.0%
Base	02:00	0.0%
Base	03:00	0.0%
Base	04:00	0.0%
Base	05:00	0.0%
Base	06:00	0.0%
Base	07:00	0.0%
Base	08:00	0.0%
Base	09:00	0.0%
Punta	10:00	20.0%
Punta	11:00	20.0%
Punta	12:00	20.0%
Punta	13:00	20.0%
Punta	14:00	20.0%
Punta	15:00	20.0%
Punta	16:00	20.0%
Punta	17:00	20.0%
Punta	18:00	20.0%
Punta	19:00	20.0%
Punta	20:00	20.0%
Punta	21:00	20.0%
Base	22:00	0.0%
Base	23:00	0.0%

#### Flexibilidad del usuario

En esta sección se habilitarán las horas del periodo intermedio y periodo punta. Usted puede llenar todas las celdas; sin embargo, solo aplicarán las que estén resaltadas en verde.

Asigne el porcentaje de demanda por hora que se podría desplazar a otro periodo de consumo. Este debe ser un valor positivo entre 0% y 100%.

#### Metodología de ajuste de cargas

Por favor seleccione la metodología:

Distribución uniforme de la carga desplazada

¿Se excede la capacidad de conexión?

No



#### Metodología de ajuste de cargas

Elija una de las siguientes opciones:

- Distribución uniforme de la carga desplazada
- Cambio de carga en bloques
- Coincidencia con la energía solar (solo en ajuste de cargas + solar)

#### Elasticidad

Elasticidad

Si

Residencial  
Comercial  
Industrial

0  
0  
0

#### Elasticidad

Elija si desea considerar o no el valor de elasticidad. En caso afirmativo, se habilitan las celdas correspondientes.

Ingrese el valor de elasticidad precio - demanda que desee utilizar. Considere que entre 0 y 1 es inelástico, y mayor a 1 es elástico.

Las metodologías de ajuste de cargas se explican en la Tabla 3. En todos los casos, los resultados están sujetos a las restricciones de la capacidad de conexión y de la elasticidad (en caso de que aplique).

**Tabla 3. Metodologías de ajuste de cargas**

Metodología	Descripción
<b>Distribución uniforme de la carga desplazada</b>	La energía que se puede desplazar bajo las restricciones del usuario se divide en partes iguales entre el número de periodos con tarifa base.
<b>Cambio de carga en bloques</b>	La energía que se puede desplazar bajo las restricciones del usuario se mueve a la siguiente hora con precio base más próxima, sujeto a la capacidad de conexión que tenga el usuario. En caso de que se sature esa conexión, esa energía se asigna en la siguiente hora disponible.
<b>Coincidencia con la energía solar (solo en ajuste de cargas + solar)</b>	En esta metodología se considera el excedente horario que se genera por la generación solar. Si el excedente se genera en tarifa base, el consumo se desplaza prioritariamente a estas horas. Si se genera en tarifa punta, no se desplaza ya que el beneficio económico es mayor que exportar en otras franjas horarias. Si no hay excedente horario, esta metodología se comporta igual que "Cambio de carga en bloques".

### 3.1.6. Vehículos eléctricos (EV)

Si el usuario quiere evaluar como se ve afectada su demanda por la carga de vehículos eléctricos, deberá llenar las siguientes secciones. En ambas se ilustran las entradas para un

#### Características de los EVs

		Unidades	Auto 1
Nombre del tipo de carro			1
Número de carros por tipo			30.0
Capacidad utilizable de la batería	kWh		6.0
Capacidad del centro de carga	kW		5.0
Eficiencia	km/kWh		150.0
Rango máximo de recorrido	km		10%
Estado de carga mínimo	%		3.0
Energía mínima requerida	kWh		

#### Características de los EVs (x5)

- **Nombre del tipo de carro:** Este será el identificador que usted le dé al vehículo.
- **Número de carros por tipo:** Es la cantidad de vehículos que se van a modelar bajo las mismas condiciones.
- **Capacidad de la batería:** Es la capacidad total de la batería del vehículo eléctrico.
- **Capacidad del centro de carga:** Es la potencia a la que se puede cargar el vehículo con un cargador.
- **Eficiencia:** Es la cantidad de kilómetros que puede recorrer el vehículo con 1 kWh de energía.
- **Estado de carga mínimo:** Es el porcentaje mínimo de energía que debe tener la batería del vehículo para un buen funcionamiento.

## Perfil de uso

Nombre del tipo de carro		Auto 1
Hora de salida 1		08:00
Hora de regreso 1		08:59
Distancia del viaje 1	km	15.00
Energía consumida 1	kWh	3.00
Hora de salida 2		12:00
Hora de regreso 2		13:59
Distancia del viaje 2	km	18.00
Energía consumida 2	kWh	3.60
¿Es viable?		✓

## Perfil de uso

- **Hora de salida 1 & 2:** Es el momento donde se empieza a utilizar el vehículo para movilidad.
- **Hora de regreso 1 & 2:** Es el momento donde se deja de utilizar el vehículo para movilidad y/o se conecta a la red eléctrica.
- **Distancia del viaje 1 & 2:** Es la cantidad de kilómetros recorridos durante el periodo que el vehículo está en uso.

## 3.2. Resultados

Para asegurarse de que está interpretando los resultados que arroja la herramienta de manera adecuada, en esta sección se explican los principales tipos de resultados gráficos que puede obtener con la herramienta.

### 3.2.1. Top Dashboard

Así como las entradas de datos están divididas en 3 secciones en este tablero, los resultados también.

En la sección del análisis técnico, usted puede visualizar dos gráficas que representan las diferentes curvas de demanda horaria promedio que se generan a partir de los datos que ha ingresado al modelo. Puede seleccionar del lado izquierdo que perfiles quiere visualizar. La gráfica que se visualiza en la Figura 13 no considera un aumento en la demanda por la carga de vehículos eléctricos.

#### Perfiles energéticos

##### Sin vehículos eléctricos

- Demanda base
- Demanda base + paneles solares
- Demanda base + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + ajuste de cargas
- Base + paneles solares + baterías

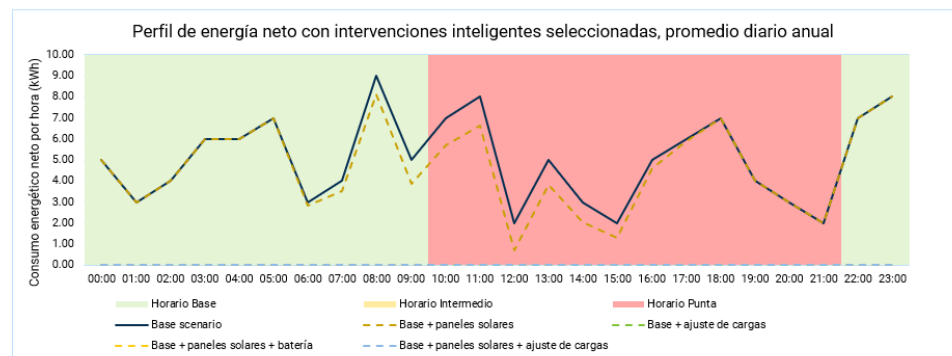


Figura 13. Resultados análisis técnico sin demanda de vehículos eléctricos.

En contraste, en la Figura 14 se muestran los resultados considerando el incremento de la demanda que generan los vehículos eléctricos. Además de poder seleccionar que gráficas visualizar, en esta sección puede elegir visualizar los escenarios combinados con un comportamiento de carga estándar, o bien, con el comportamiento de carga inteligente que permite generar mayores ahorros al usuario final.

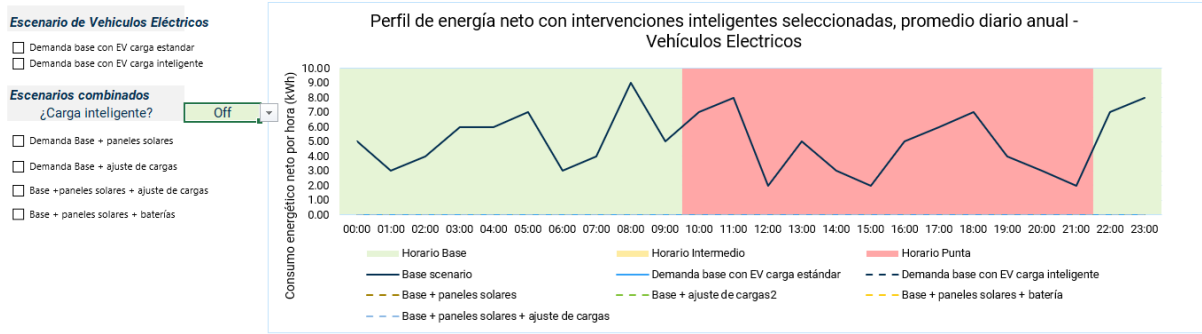


Figura 14. Resultados análisis técnico con demanda de vehículos eléctricos

En la sección del análisis económico, se puede visualizar una gráfica que compara los costos anuales de los distintos escenarios evaluados, así como una tabla donde se detallan números técnicos (importación, exportación, balance neto, hora pico) y el costo neto anual de la energía.

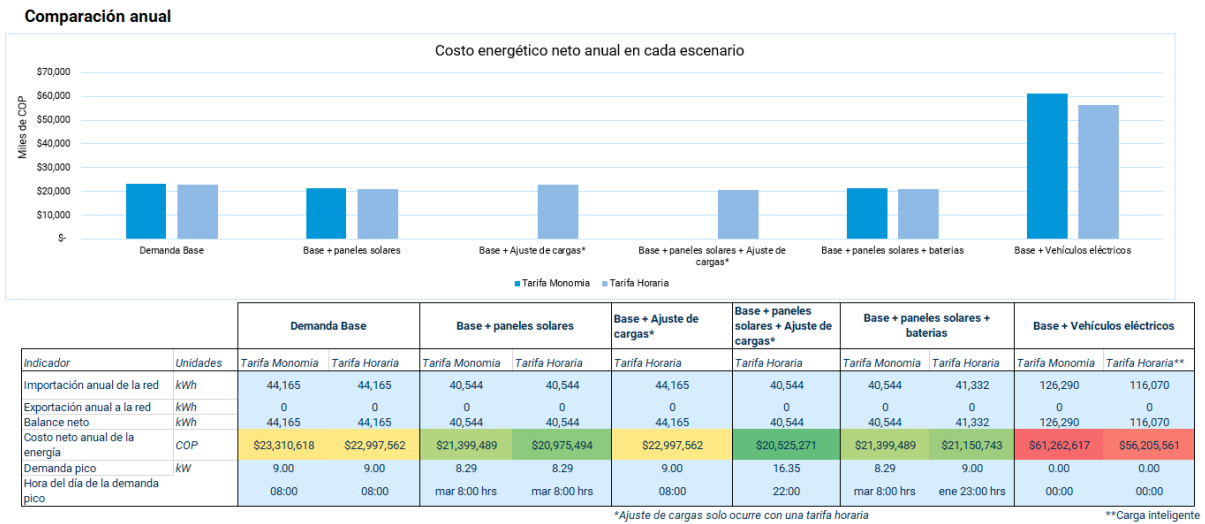


Figura 15. Resultados análisis tecno-económico por escenario

En la sección de análisis financiero, se puede observar una tabla con diversos indicadores financieros que comúnmente se utilizan para la toma de decisiones de inversión. Así mismo, se observa el flujo de caja acumulado para ambos escenarios. Considere que las gráficas están reflejadas en precio actual.

**Caso de inversión de activos que generan flexibilidad**

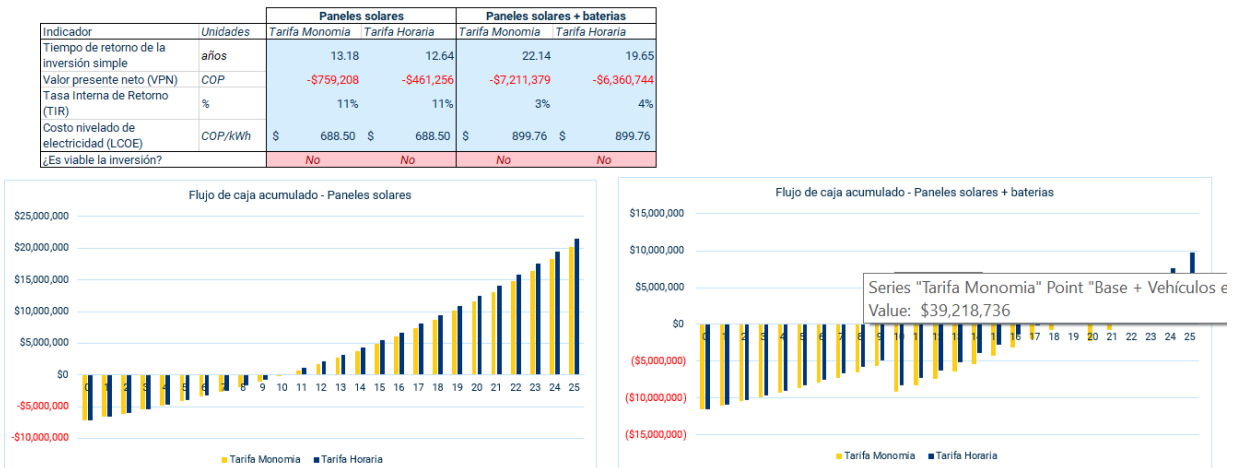


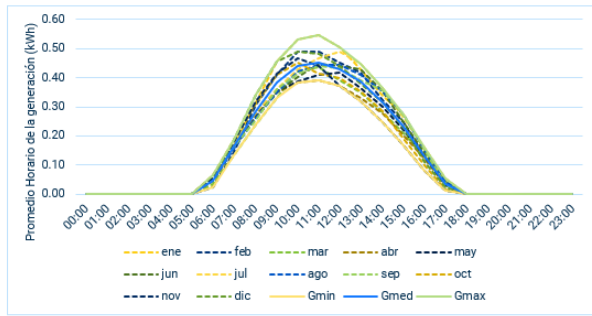
Figura 16. Resultados análisis financiero para paneles solares y baterías



### 3.2.2. Solar FV y Baterías

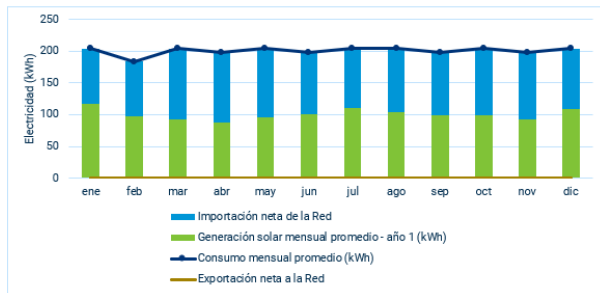
Esta gráfica muestra el promedio diario de la generación de energía solar por mes para el sitio seleccionado con la cantidad de paneles seleccionados, así como curvas de generación mínima, media y máxima. Disponible solo en Solar FV.

Generación de energía solar por mes, promedio diario



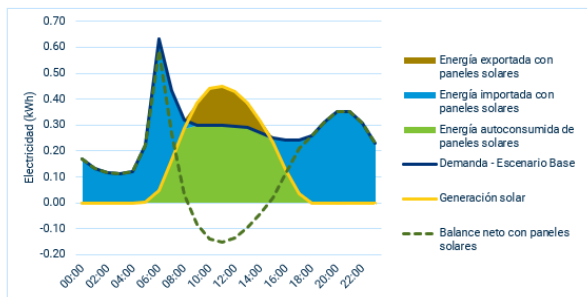
Esta gráfica muestra las importaciones, exportaciones, generación y consumo de electricidad de forma mensual. Disponible solo en Solar FV.

Balance de energía mensual



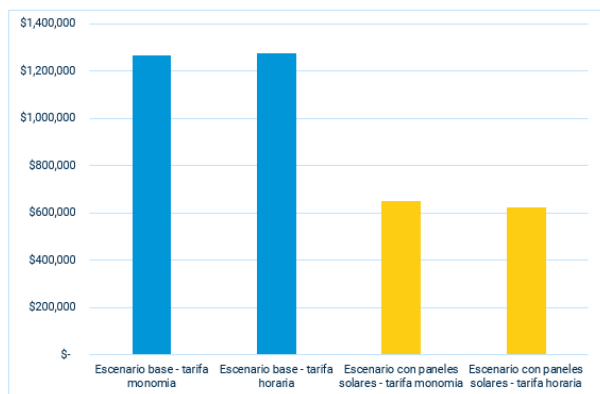
Esta gráfica muestra el promedio horario anual de importaciones, exportaciones, generación y consumo de electricidad. Las líneas representan la demanda original, la generación solar, así como la curva ajustada de demanda con la generación solar. El área bajo la curva representa la cantidad de energía utilizada. En la hoja de baterías se agrega el concepto de “Energía consumida de la batería” en color amarillo.

Balance de energía horario, promedio diario anual de generación y demanda



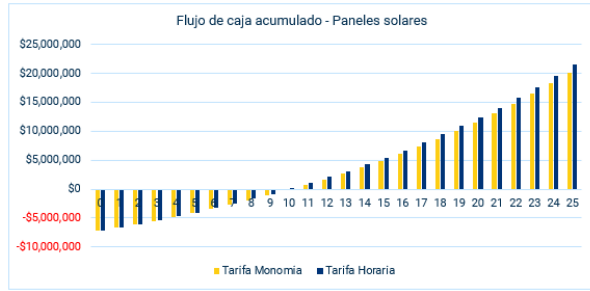
Esta gráfica forma parte del análisis económico y muestra el costo neto anual de la electricidad en 4 escenarios: los escenarios base con tarifa monomía y horaria, así como los escenarios con paneles solares con tarifa monomía y horaria en la hoja Solar FV o los escenarios con paneles solares y baterías en la hoja Baterías.

Costo neto anual de la electricidad



Esta gráfica forma parte del análisis financiero y muestra el flujo de caja acumulado con precios reales del proyecto bajo las dos tarifas. En la hoja Solar FV se muestran los flujos con los paneles mientras que en la hoja baterías se muestran los resultados acumulados de ambas tecnologías.

Evaluación económica de la inversión



### 3.2.3. Ajuste de carga / Ajuste de carga + solar

El único resultado gráfico de estos tableros es la Figura 17. Puede observar dos curvas, la curva en color azul que representa la demanda base o la demanda con paneles solares y la curva en color rojo que representa la demanda ajustada de acuerdo a la metodología seleccionada.

Consumo de energía

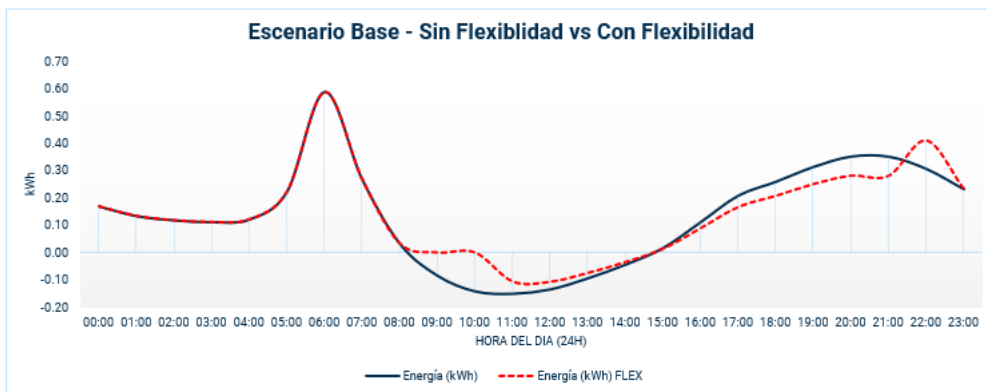


Figura 17. Resultados ajuste de carga

### 3.2.4. Vehículos Eléctricos (EV)

En esta sección se pueden observar los resultados del análisis técnico y económico. Considere que no se realiza una evaluación de los ahorros de un vehículo eléctrico en sustitución de uno a base de combustible, únicamente se realiza el análisis sobre el cambio a tarifa horaria y las respuestas a las señales de precio.

En la Figura 18, se muestran dos gráficas resultantes del análisis técnico. La primera aplica tanto para tarifa monomia como para tarifa horaria, mientras que la segunda refleja la respuesta a las señales de precio de la tarifa horaria.

Consumo de energía

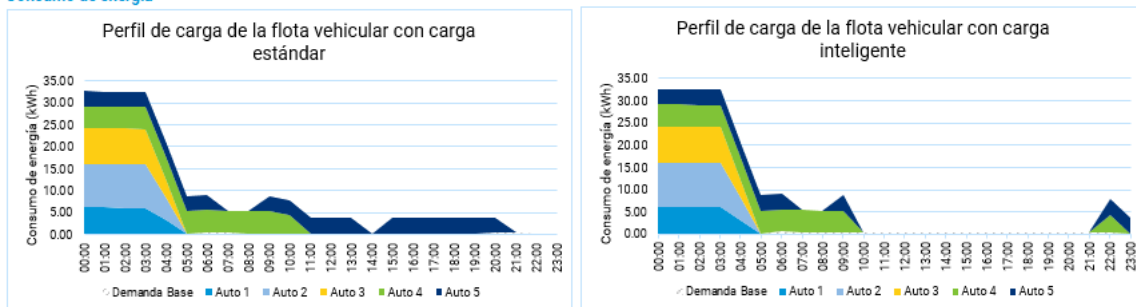
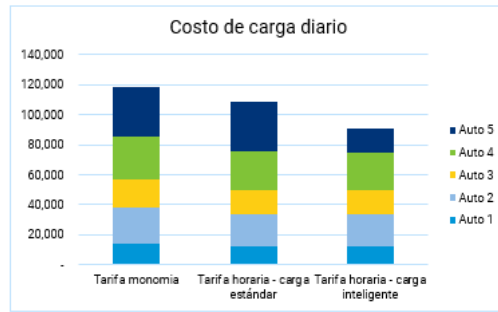


Figura 18. Perfiles de carga de vehículos eléctricos

Para el análisis económico, se realiza la comparación entre los tres escenarios posibles. Se observa el acumulado de los vehículos, dividido por tipo de vehículo. Dependiendo del comportamiento la tarifa horaria con carga estándar puede ser mayor o menor al costo de la tarifa monomía, mientras que la tarifa horaria con carga inteligente siempre será menor o igual al costo con carga estándar.



Finalmente, en la se puede ver el comportamiento de carga de cada tipo de vehículo desglosado y comparado contra la tarifa horaria. Cuando las áreas amarillas y azules no coinciden, significa que la carga inteligente movió el tiempo de carga a una hora más conveniente. Cuando las áreas coinciden, significa que no fue necesario realizar algún ajuste, ya que el usuario carga a las horas más baratas.

Comparaciones del perfil de demanda por vehículo



Figura 19. Comportamientos de carga por tipo de vehículo

## 4. Guía para actualizar el modelo

### 4.1. Introducción

El objetivo de esta sección es proveer instrucciones a los usuarios para expandir el modelo reflejando nuevas curvas de demanda, nuevas ubicaciones y/o precios actualizados.

Las hojas de la herramienta se encuentran inicialmente protegidas y las hojas que contienen el modelo de cálculo están inicialmente ocultas. Para visualizar y desbloquear todas las hojas de cálculo, ejecute la macro "Desbloquear", seleccionándola de la lista de macros. Esta puede ser encontrada en la pestaña "Desarrollador" (Figura 20).

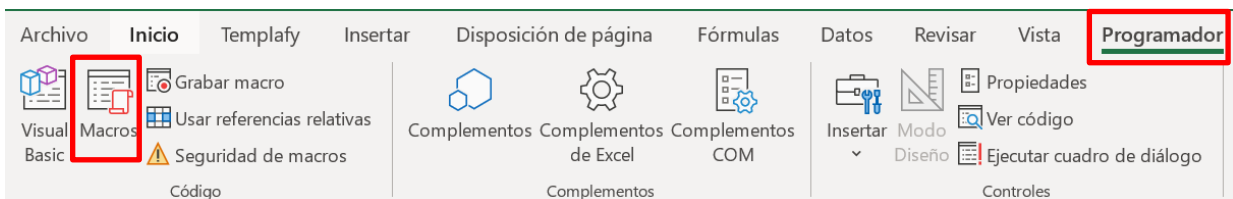


Figura 20. Seleccionando Macros desde el menú Desarrollador

Al ejecutar la macro "Desbloquear" aparecerá una pantalla para ingresar una contraseña, este campo se debe dejar en blanco y dar clic en el botón "Aceptar".

### 4.2. Añadir nuevas ubicaciones

Para añadir una nueva ciudad o ubicación al modelo, vaya a la hoja "Info Colombia". En la sección Lista desplegable de ciudades, seleccione la celda mostrada en la figura y escriba el nombre de la ciudad. Automáticamente, la tabla se expandirá una fila más abajo. Para que el modelo funcione correctamente, debe agregar información adicional que se muestra en amarillo en la Figura 21. Esto incluye Departamento, Mercado, Altitud promedio y Clima.

## Lista desplegable de ciudades

Ciudad	Departamento	Mercado	Altitud promedio	Altura	CS	Clima	Radiación, promedio mensual (Wh/m2)
Armenia	Quindío	Quindío	1551	Medio	130	Templado	3,931
Barranqu	Atlántico	Caribe Sol	18	Bajo	173	Cálido seco	6,081
Bogotá	Cundinamarca	Bogotá - Cu	2640	Alto	130	Frío	3,674
Cali	Valle del Cauca	Celsia Valle	1018	Medio	130	Templado	4,335
Cúcuta	Norte de Santander	Norte de Sa	320	Bajo	173	Cálido seco	5,313
Florencia	Caquetá	Caquetá	242	Bajo	173	Cálido húmedo	3,632
Ibagué	Tolima	Tolima	1285	Medio	130	Templado	4,610
Manizale	Caldas	Caldas	2160	Alto	130	Frío	3,767
Medellín	Antioquia	Antioquia	1495	Medio	130	Templado	4,333
Mocoa	Putumayo	Putumayo	604	Bajo	173	Cálido húmedo	3,271
Montería	Córdoba	Caribe Mar	18	Bajo	173	Cálido seco	4,237
Pasto	Nariño	Nariño	2527	Alto	130	Frío	3,743
Pereira	Risaralda	Pereira	1411	Medio	130	Templado	3,677
San José	Guaviare	Guaviare	185	Bajo	173	Cálido húmedo	2,608
Santa Ma	Magdalena	Caribe Sol	6	Bajo	173	Cálido seco	5,408
Sincelejo	Sucre	Caribe Mar	220	Bajo	173	Cálido seco	4,368
Valledup	Cesar	Caribe Mar	168	Bajo	173	Cálido seco	5,276
Villavicer	Meta	Meta	467	Bajo	173	Cálido húmedo	4,598
Yopal	Casanare	Casanare	350	Bajo	173	Cálido húmedo	4,835

Figura 21. Lista desplegable de ciudades

Los campos en azul están calculados con base en la información de entrada de la siguiente forma:

- Para la altura, de 0 a 1000 msnm se considera Bajo, de 1001 a 2000 msnm se considera Medio y mayor a 2000 msnm se considera Alto.
- El CS (Consumo de Subsistencia es de 173 kWh para lugares con menos de 1000 m y 130 kWh para lugares mayores a 1000 m).
- Para la Radiación total, la columna suma toda la radiación correspondiente a cada ciudad y la divide entre 12 meses. Para que esto arroje el valor correcto, el usuario debe añadir el promedio horario de la radiación en la hoja "Radiación Solar".

#### 4.2.1. Añadir datos de radiación solar

Para añadir los datos de radiación solar de la ciudad que agregó previamente, vaya a la hoja "Radiación Solar" (Figura 22). Del lado izquierdo, seleccione el número 1 para contraer la tabla. La pantalla ahora debería de visualizarse como en la Figura 23.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	

Figura 22. Hoja Radiación Solar

En la celda adyacente a la tabla, escriba el nombre de la ciudad que agregó anteriormente. Agregue las horas en formato de 24 horas. Puede copiar y pegar de alguna ciudad, o escribirla manualmente. Arrastre la celda con el nombre de la nueva ciudad o haga doble clic para copiar la ciudad en las 23 celdas restantes. Si cuenta con los datos en este formato y en las unidades correctas, copie y pegue los datos en las celdas correspondientes. Si no, puede ser que requiera mayor tiempo insertar los datos en esta tabla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
533																	
534																	
535																	

Figura 23. Tabla de radiación solar comprimida.

Una vez que haya completado los datos de radiación solar, podrá ver la radiación promedio mensual de la ciudad nueva como se muestra en la Figura 21.

### 4.3. Actualizar precios por mercado

Para elaborar este modelo, se utilizaron precios promedio por mercado en 2020, obtenidos de los boletines tarifarios publicados por Superservicios de forma trimestral. Para modificar los precios promedio mensuales, vaya a la hoja "Precios". Esta tabla tiene un formato condicional que permite comparar los precios a nivel nacional. Se sugiere al usuario actualizar los precios al periodo más reciente disponible para una estimación más precisa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	CARBON TRUST															
2	Precios mensuales por región															
3																
4																
5																
6	Precios promedio trimestrales, Estrato 4															
7	Obtenidos del Boletín Tarifario Trimestral I, II, III, IV 2020 de Superservicios.gov.co															
8																
9																
10		ADD	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
11	Antioquia	Centro	574.31	574.31	574.31	571.75	571.75	571.75	570.25	570.25	570.25	571.01	571.01	571.01		
12	Caldas	Centro	571.97	571.97	571.97	571.55	571.55	571.55	570.97	570.97	570.97	570.94	570.94	570.94		
13	Norte de Santander	Centro	576.3	576.3	576.3	578.86	578.86	578.86	578.07	578.07	578.07	581.76	581.76	581.76		
14	Pereira	Centro	578.51	578.51	578.51	575.42	575.42	575.42	575.48	575.48	575.48	575.67	575.67	575.67		
15	Quindío	Centro	572.43	572.43	572.43	570.43	570.43	570.43	574.03	574.03	574.03	584.4	584.4	584.4		
16	Ruitoque	Centro	598.61	598.61	598.61	557.52	557.52	557.52	568.22	568.22	568.22	551.02	551.02	551.02		
17	Santander	Centro	569.85	569.85	569.85	569.92	569.92	569.92	568.85	568.85	568.85	575.69	575.69	575.69		
18	Calí, Jumbo, Puerto Tejad	Occidente	566.56	566.56	566.56	557.32	557.32	557.32	556.44	556.44	556.44	565.12	565.12	565.12		
19	Cartago	Occidente	573.82	573.82	573.82	559.86	559.86	559.86	564.94	564.94	564.94	573.45	573.45	573.45		
20	Cauca	Occidente	587.97	587.97	587.97	579.74	579.74	579.74	572.89	572.89	572.89	575.98	575.98	575.98		
21	Celsia Valle del Cauca / EPSAU	Occidente	567.77	567.77	567.77	559.88	559.88	559.88	559.73	559.73	559.73	562.81	562.81	562.81		
22	Nariño	Occidente	581.34	581.34	581.34	566.08	566.08	566.08	566.55	566.55	566.55	573.19	573.19	573.19		
23	Popayan - Purace	Occidente	490.43	490.43	490.43	514.93	514.93	514.93	515.58	515.58	515.58	559.38	559.38	559.38		
24	Tuluá	Occidente	566.25	566.25	566.25	555.51	555.51	555.51	556.41	556.41	556.41	560.66	560.66	560.66		
25	Arauca	Oriente	555.08	555.08	555.08	551.19	551.19	551.19	551.97	551.97	551.97	560.74	560.74	560.74		
26	Bogotá - Cundinamarca	Oriente	534.5	534.5	534.5	525.77	525.77	525.77	523.41	523.41	523.41	527.55	527.55	527.55		

Figura 24. Hoja Precios

La tabla muestra los diferentes mercados eléctricos, su área de distribución y los precios promedio de enero a diciembre. Para modificar los precios, primero filtre el mercado a modificar y después modifique las celdas con los nuevos precios. Considere que está sobrescribiendo la información de precios del modelo. Si en algún momento desea recuperar estos datos, le sugerimos hacer una copia de estos antes de editarlos.

#### 4.4. Añadir nuevas curvas de demanda

Conforme más datos vamos teniendo sobre los usuarios finales, más curvas de demanda se van generando y, por lo tanto, el modelo deberá ser actualizado para poder evaluar a estos usuarios. Existen tres posibilidades:

1. Agregar una curva de demanda personalizada en el escenario base para el usuario a ser evaluado
2. Agregar curvas de demanda a la tabla correspondiente y no modificar el cuestionario
3. Agregar curvas de demanda a la tabla correspondiente y modificar el cuestionario de caracterización

Las primeras dos opciones son soluciones temporales, mientras que la tercera es preferible en el largo plazo.

**Opción 1.** Si solo queremos evaluar la forma de una curva de demanda particular, pero no queremos que forme parte del modelo en sí, podemos generarla en la hoja "Base".

En el campo "Tipo de consumo energético" seleccionamos "Personalizado" y ahí ingresamos por cada hora el valor del consumo energético en kWh. Esto deshabilita la celda de consumo energético anual, del tablero principal.

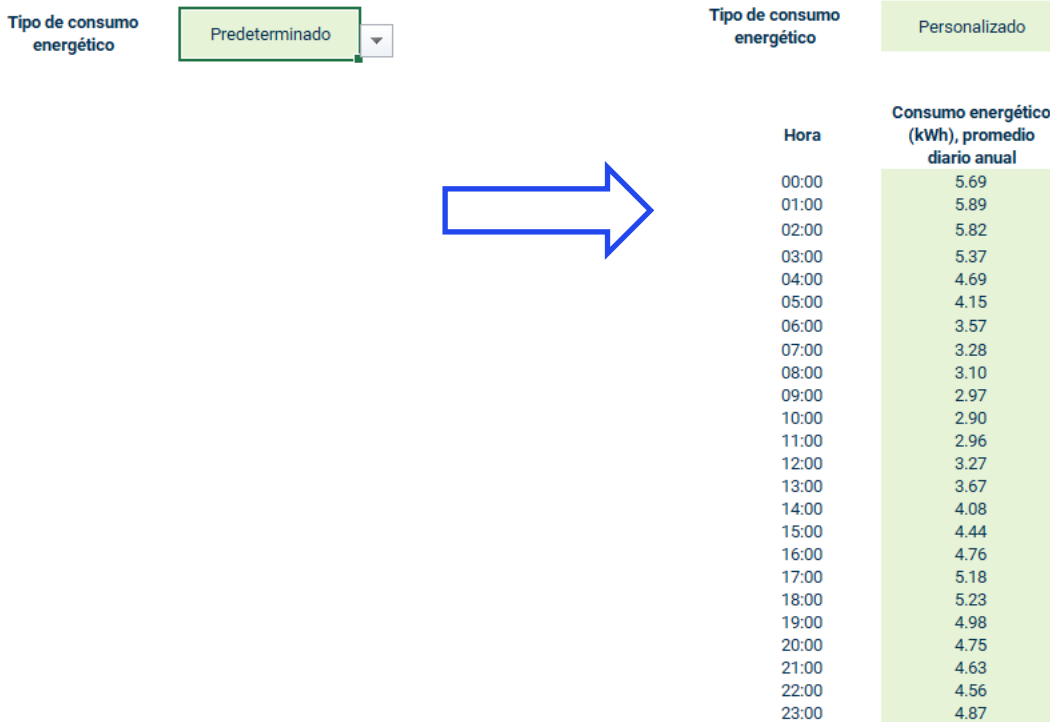


Figura 25. De la curva de demanda predefinida a la personalizada

**Opción 2.** Para guardar la forma de una curva de demanda en el modelo, pero no asociarla a ningún clima y altura particular, vaya a la hoja "Demanda" y en la sección Datos de la demanda por clúster y tipo de usuario, copie y pegue las horas del ejemplo que se muestra en la siguiente celda de la misma columna debajo de la tabla.

**Perfiles de consumo energético**

**Preguntas de caracterización de la demanda (Nacional)**

Tipo de usuario	Clima	No de Pregunta	Pregunta	Cluster
Residencial	Frío	0		1

**Datos de la demanda por cluster y tipo de usuario (promedio horario anual, normalizado)**

Hora / Mes	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Cluster	Tipo de usuario	promedio norm
00:00	98.26	98.26	98.26	98.26	99	Industrial	0.02
01:00	32.25	32.25	32.25	32.25	99	Industrial	0.01
02:00	38.67	38.67	38.67	38.67	99	Industrial	0.01
03:00	37.53	37.53	37.53	37.53	99	Industrial	0.01
04:00	113.41	113.41	113.41	113.41	99	Industrial	0.02
05:00	229.52	229.52	229.52	229.52	99	Industrial	0.05
06:00	246.51	246.51	246.51	246.51	99	Industrial	0.05
07:00	241.78	241.78	241.78	241.78	99	Industrial	0.05
08:00	258.76	258.76	258.76	258.76	99	Industrial	0.05
09:00	255.76	255.76	255.76	255.76	99	Industrial	0.05
10:00	251.56	251.56	251.56	251.56	99	Industrial	0.05
11:00	234.72	234.72	234.72	234.72	99	Industrial	0.05
12:00	262.86	262.86	262.86	262.86	99	Industrial	0.05
13:00	267.30	267.30	267.30	267.30	99	Industrial	0.05
14:00	265.95	265.95	265.95	265.95	99	Industrial	0.05
15:00	273.72	273.72	273.72	273.72	99	Industrial	0.05
16:00	273.04	273.04	273.04	273.04	99	Industrial	0.05
17:00	274.48	274.48	274.48	274.48	99	Industrial	0.05
18:00	254.60	254.60	254.60	254.60	99	Industrial	0.05
19:00	243.49	243.49	243.49	243.49	99	Industrial	0.05
20:00	253.08	253.08	253.08	253.08	99	Industrial	0.05
21:00	260.73	260.73	260.73	260.73	99	Industrial	0.05

Figura 26. Hoja Demanda



Al menos, necesitará conocer el promedio horario diario de su consumo. La unidad de los datos mientras aplique para todos los datos puede ser cualquiera (Wh, kWh, MWh, GWh, etc.). Inserte los datos promedio para las 24 horas de su nueva curva. Llenar los datos de las columnas Desviación estándar, Mínimo y Máximo son opcionales. Después, agregue un número, letra o código identificador a las celdas vacías de la columna "Cluster". Esto permite a la tabla generar los valores del promedio normalizado. La columna Tipo de usuario también es opcional.

Hora / Mes	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Cluster	Tipo de usuario	promedio norm
00:00	98.26					99	0.02
01:00	32.25					99	0.01
02:00	38.67					99	0.01
03:00	37.53					99	0.01
04:00	113.41					99	0.02
05:00	229.52					99	0.05
06:00	246.51					99	0.05
07:00	241.78					99	0.05
08:00	258.76					99	0.05
09:00	255.76					99	0.05
10:00	251.56					99	0.05
11:00	234.72					99	0.05
12:00	262.86					99	0.05
13:00	267.30					99	0.05
14:00	265.95					99	0.05
15:00	273.72					99	0.05
16:00	273.04					99	0.05
17:00	274.48					99	0.05
18:00	254.60					99	0.05
19:00	243.49					99	0.05
20:00	253.08					99	0.05
21:00	260.73					99	0.05
22:00	266.43					99	0.05
23:00	147.08					99	0.03


Figura 27. Insertando una curva de demanda con los datos mínimos requeridos

#### 4.4.1. Actualizar cuestionario de caracterización

**Opción 3.** Para guardar la forma de una curva de demanda en el modelo, y asociarla a algún tipo de usuario, clima y altura particular, siga los pasos de la opción 2. Después, vaya a la sección "Preguntas de caracterización de la demanda" e inserte una nueva fila.

Ingrese los datos para Tipo de usuario y Clima. Cada combinación de estos datos con la estructura actual de la herramienta puede tener hasta 5 preguntas y un resultado adicional en caso de que ninguna de las respuestas sea positiva (conocida como No. De pregunta 0).

Considere el ejemplo donde quiere agregar una curva de demanda para usuarios comerciales con clima frío. Agregue el número de pregunta posterior al más alto (en este ejemplo el número más alto es 3, vea fila 28 de la Figura 28; por lo tanto, el siguiente es 4). Después, agregue la pregunta que deberá aparecer en el cuestionario de caracterización y el identificador del clúster asociado.

1  **Perfiles de consumo energético**

2

3

4

5 **Preguntas de caracterización de la demanda (Nacional)**

6

7

Tipo de usuario	Clima	No de Pregunta	Pregunta	Cluster
Residencial	Frío	0		1
Residencial	Frío	3	Uso de electrodom	5
Residencial	Frío	4	Uso de electrodom	7
Residencial	Templado	0		13
Residencial	Templado	3	Tiene uso intensivo	16
Residencial	Frío	2	Uso de energía eléc	21
Residencial	Cálido húmedo	0		23
Residencial	Cálido seco	0		23
Residencial	Templado	2	El mayor uso de er	23
Residencial	Templado	1	El mayor uso de er	35
Residencial	Frío	5	Hace uso de electr	37
Residencial	Frío	1	Uso de energía eléc	42
Comercial	Frío	2	Utiliza energía eléc	11
Comercial	Templado	0		41
Comercial	Cálido húmedo	0		13
Comercial	Cálido seco	0		13
Comercial	Frío	0		14
Comercial	Templado	1	Realiza su activida	41
Comercial	Frío	1	Realiza su activida	22
Comercial	Templado	2	Presenta mayor de	56
Comercial	Frío	3	Utiliza energía eléc	30
Industrial	Frío	0		33
Industrial	Templado	0		33
Industrial	Cálido húmedo	0		28
Industrial	Cálido seco	0		28

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

Figura 28. Agregando una fila para una pregunta de caracterización

#### 4.5. Pasar de costo promedio anual a costos promedio mensuales

El modelo está basado en un costo promedio anual tanto para el cálculo de la línea base con tarifa monomía como para los escenarios con tarifa horaria. Sin embargo, si desea que su escenario de línea base se refleje de forma más precisa, puede optar por ver el cálculo con costos promedio mensuales. El precio de la tarifa horaria se seguirá calculando como un promedio mensual anualizado.

Vaya a la hoja "1 Línea Base" en la sección "Costo total de la Electricidad" y en Tipo de Costo Unitario, seleccione "Promedio mensual" en lugar de "Promedio anual".

**Costo Total de la Electricidad**

Tipo de Costo Unitario: Promedio anual

Mes	Días	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	CU Promedio anual (COP/kWh)	CU Promedio mensual	Costo total (COP)
ene	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 689.17	\$ 34,967,796.16
feb	28	1,643.84	46,027.40	\$ 686.20	\$ 689.17	\$ 31,583,815.89
mar	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 689.17	\$ 34,967,796.16
abr	30	1,643.84	49,315.07	\$ 686.20	\$ 686.10	\$ 33,839,802.74
may	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 686.10	\$ 34,967,796.16
jun	30	1,643.84	49,315.07	\$ 686.20	\$ 686.10	\$ 33,839,802.74
jul	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 684.30	\$ 34,967,796.16
ago	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 684.30	\$ 34,967,796.16
sep	30	1,643.84	49,315.07	\$ 686.20	\$ 684.30	\$ 33,839,802.74
oct	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 685.21	\$ 34,967,796.16
nov	30	1,643.84	49,315.07	\$ 686.20	\$ 685.21	\$ 33,839,802.74
dic	31	1,643.84	50,958.90	\$ 686.20	\$ 685.21	\$ 34,967,796.16
			<b>600,000</b>			\$ 411,717,600.00
			50,000	\$ 686.20		\$ 34,309,800.00

Figura 29. Cambiar costos de línea base

Si está utilizando un costo promedio anual personalizado, pero prefiere tener costos mensuales, en la misma hoja vaya a la sección “Costo Unitario de la electricidad”. En la última columna marcada en amarillo, agregue los costos unitarios mensuales. El promedio anual se actualizará y la celda de costo unitario ubicada en el Top Dashboard quedará deshabilitada.

#### Costo Unitario de la Electricidad

Mercado: Antioquia  
 Nivel de Tensión: Nivel de Tensión 1  
 CU - Costo Unitario

Mes / Precio	CU Promedio	CU Máximo	Real	Contribución	Subsidio 1	Subsidio 2	Subsidio 3	Personalizado
ene	574.31	603.86	574.31	689.17	562.37	564.36	571.32	
feb	574.31	652.80	574.31	689.17	561.09	563.29	571.00	
mar	574.31	772.62	574.31	689.17	562.37	564.36	571.32	
abr	571.75	629.06	571.75	686.10	559.46	561.51	568.68	
may	571.75	629.06	571.75	686.10	559.86	561.84	568.78	
jun	571.75	629.06	571.75	686.10	559.46	561.51	568.68	
jul	570.25	629.06	570.25	684.30	558.39	560.37	567.29	
ago	570.25	629.06	570.25	684.30	558.39	560.37	567.29	
sep	570.25	629.06	570.25	684.30	558.00	560.04	567.19	
oct	571.01	629.06	571.01	685.21	559.14	561.12	568.04	
nov	571.01	629.06	571.01	685.21	558.74	560.79	567.94	
dic	571.01	632.20	571.01	685.21	559.14	561.12	568.04	
<b>Promedio anual</b>	571.83	641.16	571.83	686.20	559.70	561.72	568.80	0.00

Figura 30. Cambiar a costos unitarios mensuales

## 4.6. Ajustar precios para diferentes niveles de tensión

Para el caso de usuarios comerciales e industriales, puede que usted quiera evaluar los beneficios económicos en un nivel de tensión distinto al nivel 1. El modelo considera ciertos porcentajes por default para cada componente del costo unitario por nivel de tensión. Vaya a la hoja “1 Línea Base” y baje hasta la sección “Costo unitario desglosado por componente” como se muestra en la Figura 31.

Actualice los porcentajes del nivel de tensión 1 para todos los componentes en las celdas verdes. El subtotal debe ser siempre igual a 100%. Para los componentes de Distribución – D y Pérdidas – PR, actualice el porcentaje por nivel de tensión.

**Costo unitario desglosado por componente**

Costo unitario de referencia E4 \$ 571.83

**Porcentaje del costo unitario de referencia (E4)**

Nivel de tensión	Comercialización -							Subtotal	Contribución	
	Generación - G	Transmisión - T	Distribución - D	Cv	Pérdidas - PR	Restricciones - R				
%N1	37%	6%	33%	15%	5%	4%		100%	20%	
%N2	37%	6%	20%	15%	3%	4%		85%	20%	
%N3	37%	6%	11%	15%	2%	4%		75%	20%	
%N4	37%	6%	4%	15%	1%	4%		67%	20%	
%STC	37%	6%	0%	15%	0%	4%		62%	20%	

Nivel de tensión	Comercialización -							Subtotal	Contribución		Total
	Generación - G	Transmisión - T	Distribución - D	Cv	Pérdidas - PR	Restricciones - R					
Nivel de Tensión 1	\$ 211.58	\$ 34.31	\$ 188.70	\$ 85.77	\$ 28.59	\$ 22.87	\$ 571.83	\$ 114.37	\$ 686.20		
Nivel de Tensión 2	\$ 211.58	\$ 34.31	\$ 114.37	\$ 85.77	\$ 17.15	\$ 22.87	\$ 486.06	\$ 97.21	\$ 583.27		
Nivel de Tensión 3	\$ 211.58	\$ 34.31	\$ 62.90	\$ 85.77	\$ 11.44	\$ 22.87	\$ 428.87	\$ 85.77	\$ 514.65		
Nivel de Tensión 4	\$ 211.58	\$ 34.31	\$ 22.87	\$ 85.77	\$ 5.72	\$ 22.87	\$ 383.13	\$ 76.63	\$ 459.75		
Sistema de Transm	\$ 211.58	\$ 34.31	\$ -	\$ 85.77	\$ -	\$ 22.87	\$ 354.53	\$ 70.91	\$ 425.44		

Generación - G \$ 211.58  
 Comercialización - ( \$ 85.77

Precio de bolsa - Pi \$227.99

Figura 31. Sección de Costo unitario desglosado por componente.

Para los componentes de Generación – G, Transmisión T, Comercialización – Cv, y Restricciones – R, el costo es el mismo para todos los niveles de tensión por lo que este no cambia ya que está calculado con respecto al costo unitario de referencia E4.

## 5. Supuestos y limitaciones

### 5.1. Referencias

- Los perfiles de demanda precargados en la hoja de referencia correspondiente fueron obtenidos a partir del agrupamiento de datos de mediciones inteligentes realizado por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL).
- Los perfiles de radiación solar por ciudad fueron obtenidos del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, elaborado por IDEAM.
- Los precios promedio de la energía por mercado fueron obtenidos de los boletines tarifarios trimestrales emitidos por Superservicios en 2020.
- La caracterización de los climas por ciudad fue realizada con base en la clasificación de Caldas, la cual considera únicamente la temperatura media anual.

### 5.2. Generales

- La herramienta ha sido desarrollada para evaluar los beneficios de implementar tarifas horarias, intervenciones tecnológicas y cambios de comportamiento únicamente en usuarios regulados.
- Se considera en el modelo únicamente energía activa.
- No se considera que haya diferencias significativas entre el perfil de demanda en día laboral y en fin de semana/día festivo, ni entre los perfiles de demanda mensuales, por lo que el perfil de demanda promedio se aplica para todos los días del año.
- Las preguntas para determinar la curva de demanda fueron definidas con base en los datos disponibles al momento de la elaboración de esta herramienta y varían dependiendo el tipo de usuario, clima y área de distribución.
- El precio promedio anual se utiliza para calcular el costo total de la energía y se ajusta con base en la inflación para la evaluación financiera.
- El nivel de tensión seleccionado modifica el costo unitario promedio de referencia (Estrato 4) basado en un porcentaje obtenido a partir de un análisis de múltiples tarifas en lugar de un cálculo.
- Cuando se selecciona Cali como ciudad, la búsqueda automáticamente encuentra "Celsia" aunque hay otras opciones en Valle del Cauca. Esto tiene impacto únicamente en la búsqueda del costo unitario de referencia.

### 5.3. Específicos

#### 5.3.1. Solar y Baterías

- Para el cálculo de la generación de energía solar, se utilizaron las siguientes suposiciones: Inclinación = Latitud (Redondeada), Azimut 0° (N) 180° (S), Pérdidas por Orientación e inclinación = 0, Rendimiento del sistema = 90%

- La batería debe cargar y descargar la misma cantidad de energía en un día representativo del mes, por lo que la carga inicial a las 0:00 hora y la carga final a las 23:59 hora debe ser la misma.
- Para tarifa monomía, la batería carga únicamente para utilizar el excedente solar.
- Para tarifa horaria, la batería está programada exportar energía en periodo punta y para importar ya sea en periodo base, o a partir del excedente solar.
- Aunque la batería tenga la capacidad de cargar en una hora o menos, en este modelo la carga se reparte equitativamente en las horas del periodo base.
- La batería no optimiza para considerar la carga de los vehículos eléctricos, esto se hace por separado basado únicamente en la tarifa horaria.

### 5.3.2. Vehículos eléctricos

- La carga de vehículos eléctricos no está optimizada con los paneles solares.
- Para los recorridos, se asume que no hay diferencias entre día laboral y fin de semana.
- Se asume que los vehículos eléctricos tienen máximo dos recorridos por día.
- Se asume que no hay diferencias mensuales en el uso de los vehículos eléctricos.
- Se asume que 5 diferentes tipos de carros es suficiente.
- Para esta herramienta, está fuera del alcance la carga de vehículo a la red (V2G)
- Tanto para las baterías como para los vehículos eléctricos, se asume que, si el cliente puede ahorrar dinero, cambiará el comportamiento probablemente como una respuesta automatizada. La elasticidad al precio no se tiene en cuenta.

### 5.3.3. Ajuste de cargas

- Se asume que el usuario tiene capacidad de cambiar su comportamiento a otras horas sin especificar que cargas serían las que se desplazan.
- La metodología de distribución uniforme de la carga desplazada considera horas de la madrugada, por lo que la curva de demanda flexible puede registrar un aumento considerable en esas horas que no reflejan el posible comportamiento real del usuario.
- La metodología de cambio de carga en bloques considera las horas disponibles más cercanas al periodo punta para desplazar la carga. Si la capacidad de conexión es demasiado grande, toda la energía se moverá a un solo periodo.
- Los beneficios económicos de desplazar carga del periodo punta al periodo base si son correctos bajo todos los supuestos.

[carbontrust.com](https://carbontrust.com)

**+44 (0) 20 7170 7000**

Si bien se han tomado medidas razonables para garantizar que la información contenida en esta publicación sea correcta, los autores, Carbon Trust, sus agentes, contratistas y subcontratistas no ofrecen ninguna garantía ni hacen ninguna representación en cuanto a su precisión y no aceptan responsabilidad por cualquier errores u omisiones. Todas las marcas comerciales, marcas de servicio o logotipos utilizados en esta publicación, y los derechos de autor en ella, son propiedad de Carbon Trust. Nada en esta publicación se interpretará como una concesión de licencia o derecho para usar o reproducir cualquiera de las marcas comerciales, marcas de servicio, logotipos, derechos de autor o cualquier información de propiedad de ninguna manera sin el permiso previo por escrito de Carbon Trust. Carbon Trust hace cumplir las infracciones de sus derechos de propiedad intelectual en la máxima medida permitida por la ley.

The Carbon Trust es una empresa limitada por garantía y registrada en Inglaterra y Gales con el número de empresa 4190230 con domicilio social en: 4th Floor, Dorset House, 27-45 Stamford Street, London SE1 9NT.

© The Carbon Trust 2021. Todos los derechos reservados.

Publicado en México: 2021