

# Electric Bus Charging Analyzer – Manual de Usuario

v. 2022-1

Javier Bayter Consuegra, Erick Narváez Villa

27 de mayo de 2022



## Resumen

Electric Bus Charging Analyzer puede analizar los efectos de la recarga de de buses eléctricos sobre redes de distribución. Este manual explica en detalle las características y el manejo de esta herramienta para hacer estudios del impacto de recarga de oportunidad y en movimiento. Además se realiza un ejemplo de uso del programa.

# Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Acerca de esta guía  | 1  |
| 2. Información  | 1  |
| 2.1. Información general  | 1  |
| 2.2. Información específica   | 3  |
| 3. Descripción de ventanas de la interfaz   | 3  |
| 3.1. Route  | 3  |
| 3.2. Bus Parameters   | 4  |
| 3.2.1. Bus General Data   | 4  |
| 3.2.2. Bus Fleet Data   | 5  |
| 3.2.3. Operation Diagram  | 5  |
| 3.3. Opportunity Charging   | 6  |
| 3.3.1. Parameters   | 6  |
| 3.3.2. Simulation   | 7  |
| 3.4. In Motion Charging   | 8  |
| 3.4.1. Parameters   | 8  |
| 3.4.2. Simulation   | 9  |
| 3.5. Grid Impact  | 9  |
| 4. Ejemplo: Uso de Electric Bus Charging Analyzer para analizar la Ruta U30 del Transmetro de Barranquilla: Sistema IEEE 37 nodos     | 9  |
| 4.1. Búsqueda, selección y simulación de Ruta   | 10 |
| 4.2. Configuración de bus, flota y diagrama de operación  | 12 |
| 4.3. Configuración y simulación (Recarga de Oportunidad)  | 14 |
| 4.4. Configuración y simulación (Recarga en movimiento)   | 20 |
| 4.5. Aquí va tu parte @Erick  | 25 |
| 5. Apéndice   | 25 |
| 5.1. Prerrequisitos para correr Electric Bus Charging Analyzer  | 25 |
| 5.2. Preguntas frecuentes   | 26 |
| 5.2.1. ¿Es normal que los tiempos de simulación de la herramienta sean muy extensos?  | 26 |
| 5.2.2. Tengo el archivo .csv con las indicaciones del manual, pero la herramienta presenta problemas al leerlo                        | 26 |
| 5.2.3. La herramienta funciona correctamente, pero las gráficas son difíciles de entender y no se entiende el comportamiento simulado | 26 |

# 1. Acerca de esta guía

Este manual de usuario está destinado a ser una referencia para los usuarios de la herramienta informática Electric Bus Charging Analyzer. En esta sección se dará información sobre el contenido y las convenciones de esta documentación.

Se puede acceder a esta guía de manera directa desde su instancia en el programa mediante la ruta **Help>User Manual** que puede ser encontrada en la parte superior izquierda de la interfaz tal y como se muestra en la figura 1.

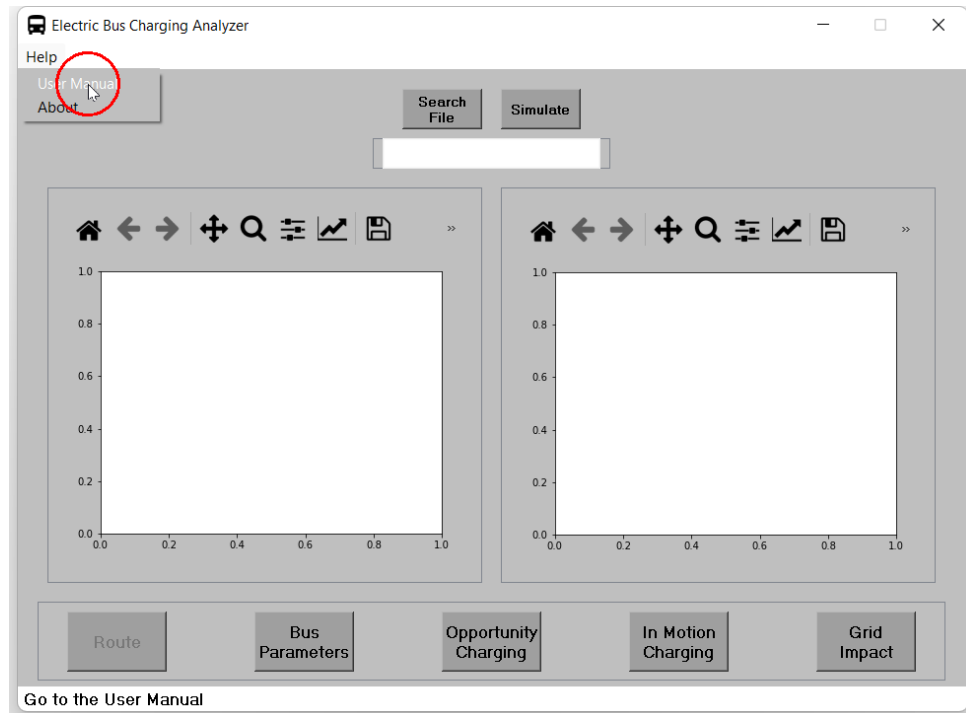


Figura 1: Ruta para ingresar al manual de usuario **User Manual**.

## 2. Información

En esta sección encontrará información general y específica de Electric Bus Charging Analyzer.

### 2.1. Información general

Para obtener información general sobre Electric Bus Charging Analyzer puede acceder a la pestaña **Help>About** que puede ser encontrada en la parte superior izquierda de la interfaz en cualquiera de las ventanas del programa tal y como se muestra en la figura 2.

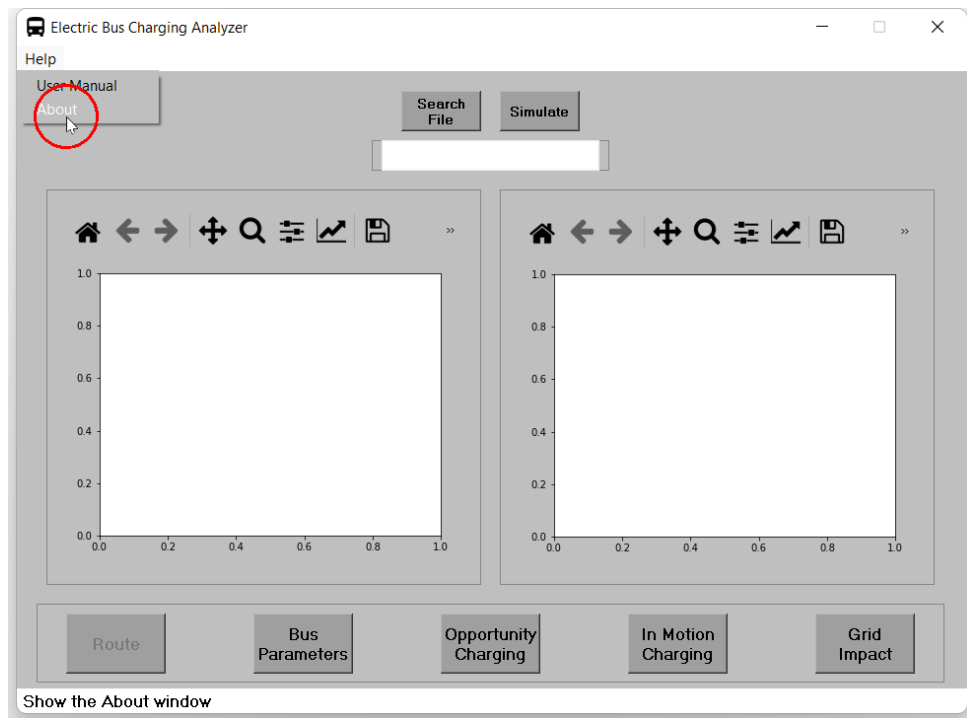


Figura 2: Ruta para ingresar a la ventana **About**.

A continuación se abrirá la subpestaña correspondiente a la opción seleccionada. Dicha pestaña se muestra en la figura 3.

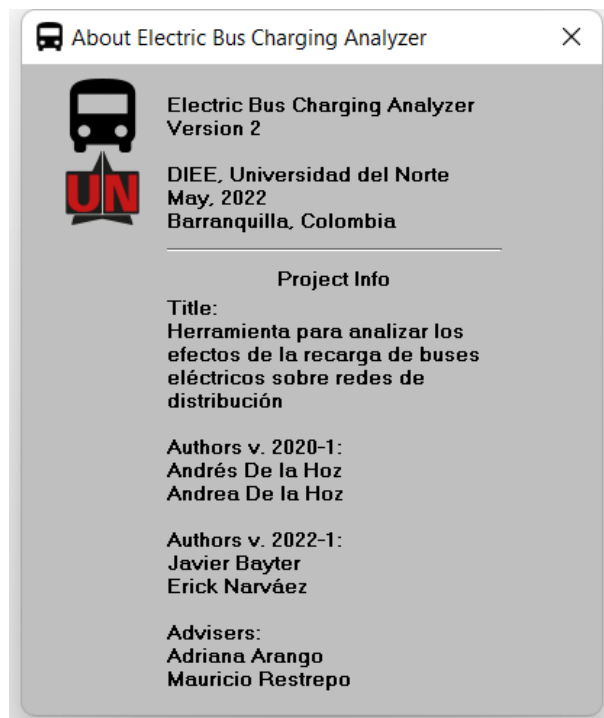


Figura 3: Ventana **About**.

## 2.2. Información específica

Para obtener información específica sobre Electric Bus Charging Analyzer, por favor póngase en contacto con nosotros a través de:

### Contacto 1:

Teléfono: +57 320 3476159

E-mail: jabayter@uninorte.edu.co

### Contacto 2:

Teléfono: +57 301 4020029

E-mail: nerick@uninorte.edu.co

## 3. Descripción de ventanas de la interfaz

En esta sección se describen cada una de las ventanas principales de Electric Bus Charging Analyzer, a las cuales se puede acceder mediante el panel de botones correspondientes que se encuentran en la parte inferior de la interfaz. Cabe destacar que las funciones compartidas entre las ventanas que ya se hayan descrito no se repetirán en las descripciones posteriores. Por lo tanto, si no encuentra la descripción de una de las funciones en alguna de las subsecciones se debe remitir a la primera subsección donde se encuentre la opción de interés.

### 3.1. Route

En la figura 4 se puede visualizar la ventana correspondiente a la configuración de la ruta de la flota de buses.

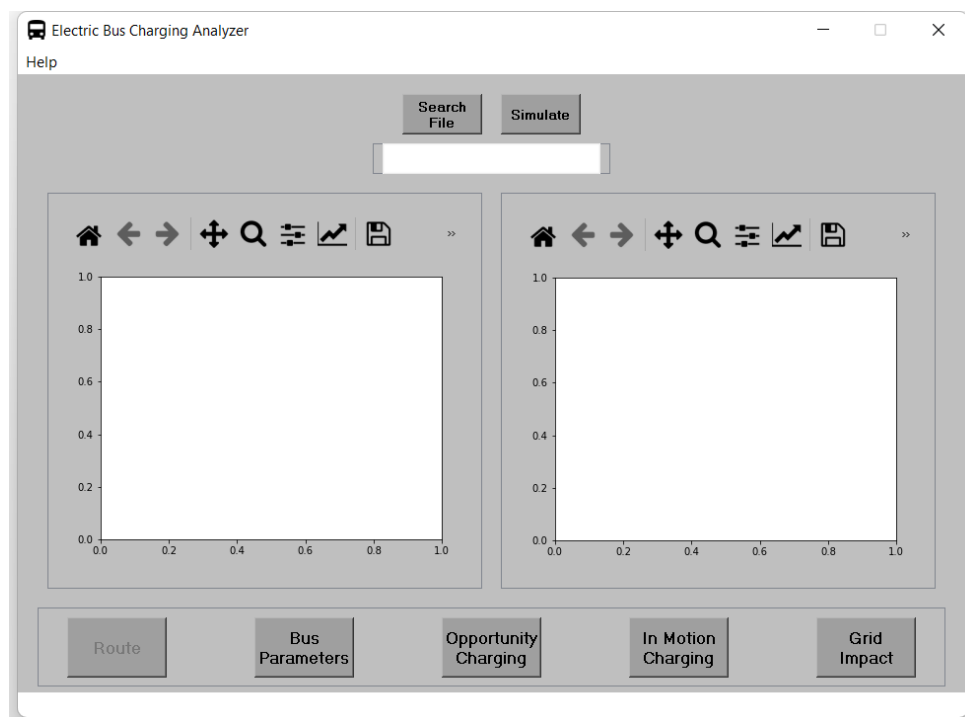


Figura 4: Ventana Route.

Para el funcionamiento de esta ventana se debe presionar el botón Search File, el cuál tiene la función de recibir el archivo con la información de la flota. Dicha información puede ser leída en formato .feather y .csv, entre los cuales es preferible usar el primero debido a

velocidad de lectura y compilación, y para evitar problemas de codificación de archivos. Los datos de la ruta con la información de la ruta deben estar delimitados por comas y tener los Tag que se muestran en la figura 5.

|   | A    | B   | C   | D    | E        | F     |
|---|------|-----|-----|------|----------|-------|
| 1 | LONG | LAT | ALT | DIST | BUS STOP | LABEL |
| 2 |      |     |     |      |          |       |
| 3 |      |     |     |      |          |       |
| 4 |      |     |     |      |          |       |
| 5 |      |     |     |      |          |       |
| 6 |      |     |     |      |          |       |

Figura 5: Ventana **Route**.

Luego de que el programa reciba el archivo, se debe precionar el botón **Simulate** que regresará un feedback de la entrada de forma gráfica, donde en el panel gráfico izquierdo el mapa de la ruta (Latitud vs Longitud) y en el panel gráfico derecho el perfil de la ruta (Altitud [m] vs Distancia [km]).

## 3.2. Bus Parameters

### 3.2.1. Bus General Data

En la figura 6 se puede visualizar la primera pestaña de la ventana correspondiente a la configuración de los parámetros físicos del bus eléctrico y a la curva de velocidad del mismo.

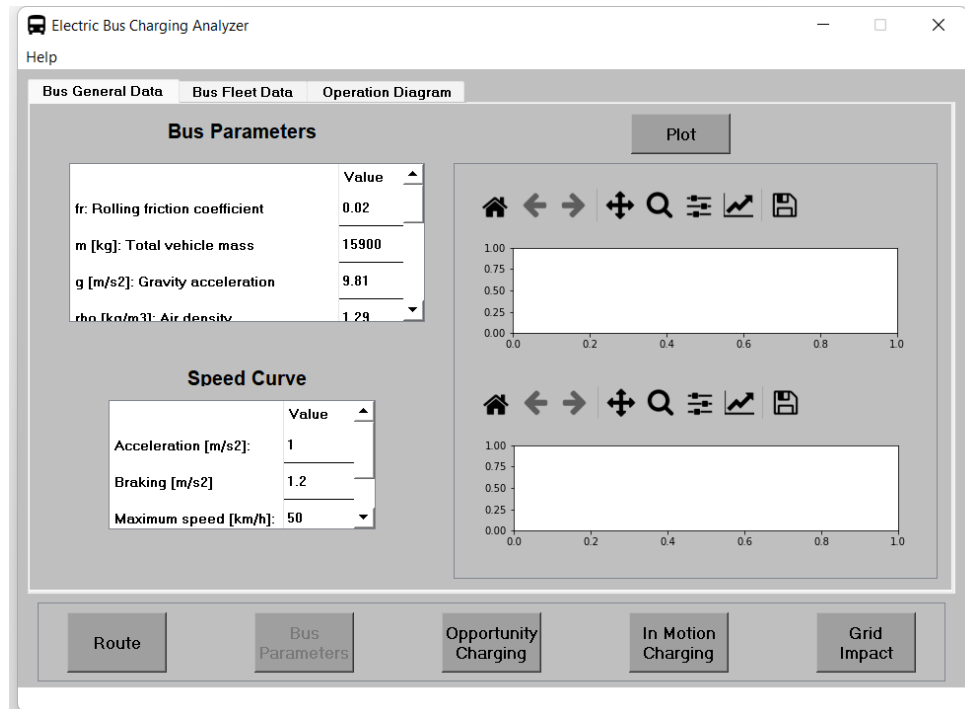


Figura 6: Pestaña **Bus Parameters>Bus General Data**.

En esta pestaña se pueden definir los parámetros físicos del bus en la tabla **Bus Parameters** y los datos para la curva de velocidad mediante la tabla **Speed Curve**. El programa presenta unos

valores por defecto, pero estos pueden ser variados a gusto. Por otro lado, la pestaña cuenta con el botón **Plot**, el cuál guardará los datos de la tablas y graficará la curva de velocidad en el panel gráfico superior, y la curva de distancia recorrida en el panel gráfico inferior.

### 3.2.2. Bus Fleet Data

En la figura 7 se puede visualizar la segunda pestaña de la ventana correspondiente a la configuración de los parámetros de la flota de buses eléctricos y sus horas de operación.

| Parameter  | Value |
|--|-------|
| NBP: Total number of buses during peak period    | 7     |
| NP: Number of peak periods                       | 2     |
| NMP: Number of average peak periods              | 1     |
| FPP [s]: Dispatch frequency during peak period   | 120   |
| ITS [s]: Idle time at each stop                  | 20    |
| ITT [s]: Idle time at terminal stop              | 240   |
| NBV: Total number of valley buses                | 6     |
| FPV [s]: Dispatch Frequency during valley period | 180   |

**Time parameters**

**Peak Period 1**

6:00 AM STP

8:00 AM ETP

**Peak Period 2**

**Start and End Times**

5:00 AM STF

9:30 AM ETF

Buttons: Route, Bus Parameters, Opportunity Charging, In Motion Charging, Grid Impact

Figura 7: Pestaña **Bus Parameters>Bus Fleet Data**.

En esta pestaña se pueden definir los parámetros asociados a la flota de buses en la tabla **Fleet Parameters** y los datos de las horas de operación en el panel **Time parameters**. El programa presenta unos valores por defecto, pero estos pueden ser variados a gusto.

### 3.2.3. Operation Diagram

En la figura 8 se puede visualizar la tercera pestaña de la ventana destinada a la creación y visualización del diagrama de operación de la flota. Además, la pestaña cuenta con una barra de progreso para controlar el avance en la creación de los diagramas.

En esta pestaña se pueden crear los diagramas de operación presionando el botón ubicado en la parte superior de la pestaña **Generate Operation Diagram**. Cuando la barra de progreso llegue a 100 % se podrá visualizar el diagrama de posición (Distancia [km] vs Tiempo [h]) dado que la subpestaña **Position** se encuentra activa por defecto. Si se desea visualizar el diagrama de velocidad (Velocidad [km/h] vs Tiempo [h]) se debe cambiar a la subpestaña **Speed**.

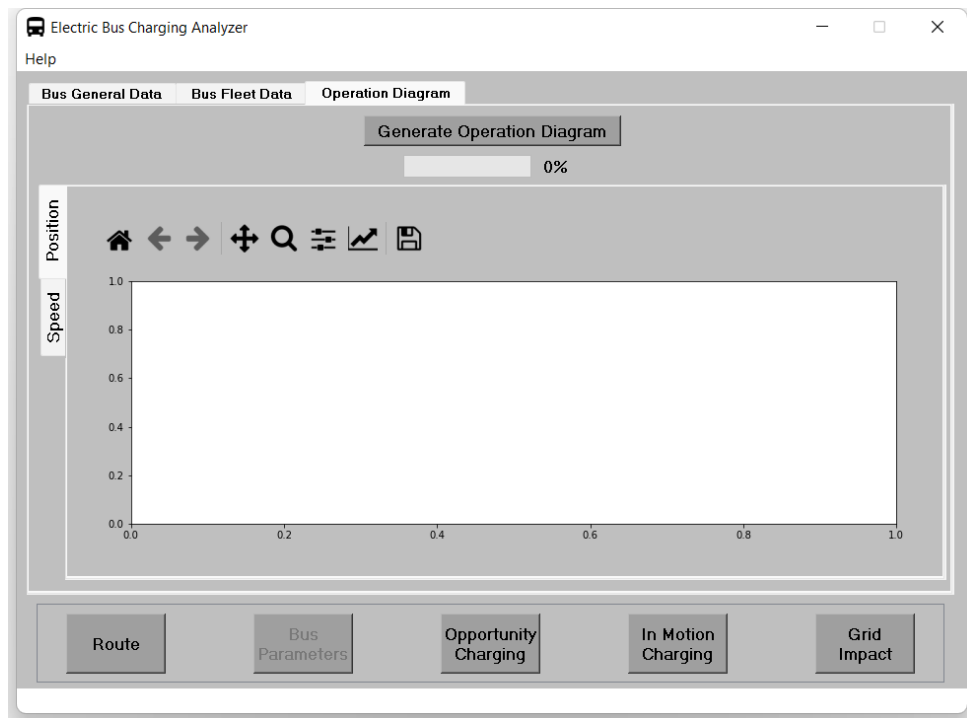


Figura 8: Pestaña `Bus Parameters>Operation Diagram`.

### 3.3. Opportunity Charging

#### 3.3.1. Parameters

En la figura 9 se puede visualizar la primera pestaña de la ventana correspondiente a la configuración de los parámetros de la recarga de oportunidad de buses eléctricos y la definición de paradas donde se encontrarán los cargadores.

A la derecha se encuentra el panel `CI: Charge Sections` donde se pueden cargar las paradas de la flota presionando el botón `Load Charge Sections` y seleccionarlás de forma interactiva para luego cargarlas a la simulación y a su elemento correspondiente de la tabla `Charging Parameters` mediante la pulsación del botón `Save Charge Sections`.

Por otro lado, en la tabla `Charging Parameters` ubicada en el lado izquierdo de la pestaña se pueden definir los parámetros del tipo de carga, este tiene unos datos por defecto que pueden ser modificados a gusto.

Se deben seleccionar y cargar los puntos de carga por medio del panel `CI: Charge Sections` para poder definir los Tags de los cargadores y se pueda seguir el proceso de simulación sin ningún problema.



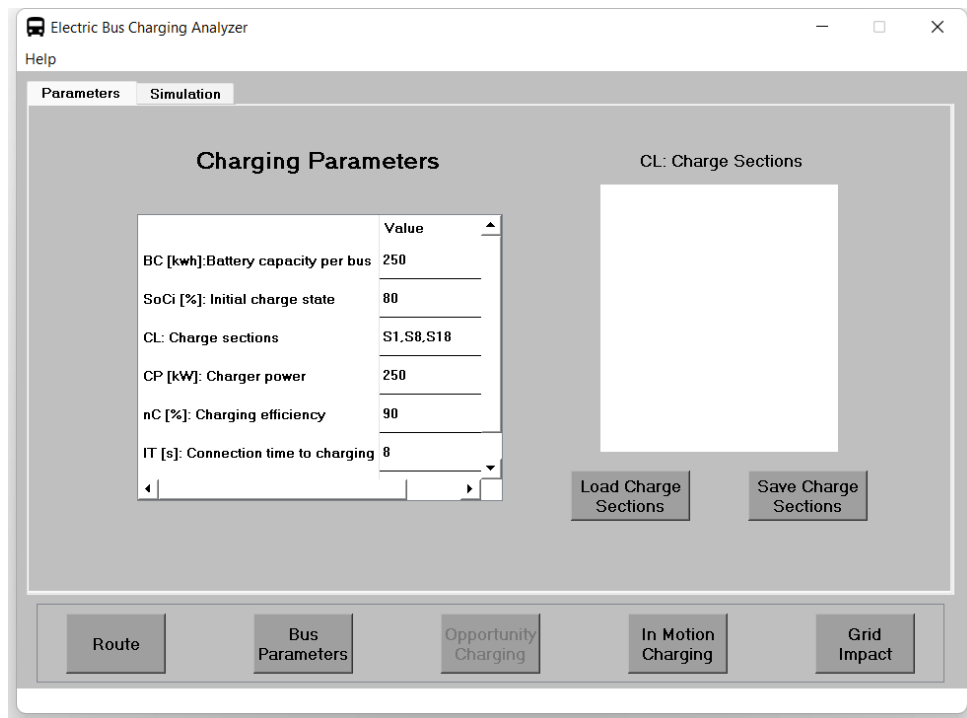


Figura 9: Pestaña **Opportunity Charging>Parameters**.

### 3.3.2. Simulation

En la figura 10 se puede visualizar la segunda pestaña de la ventana correspondiente a la carga y visualización de la simulación de carga de oportunidad de la flota de buses.

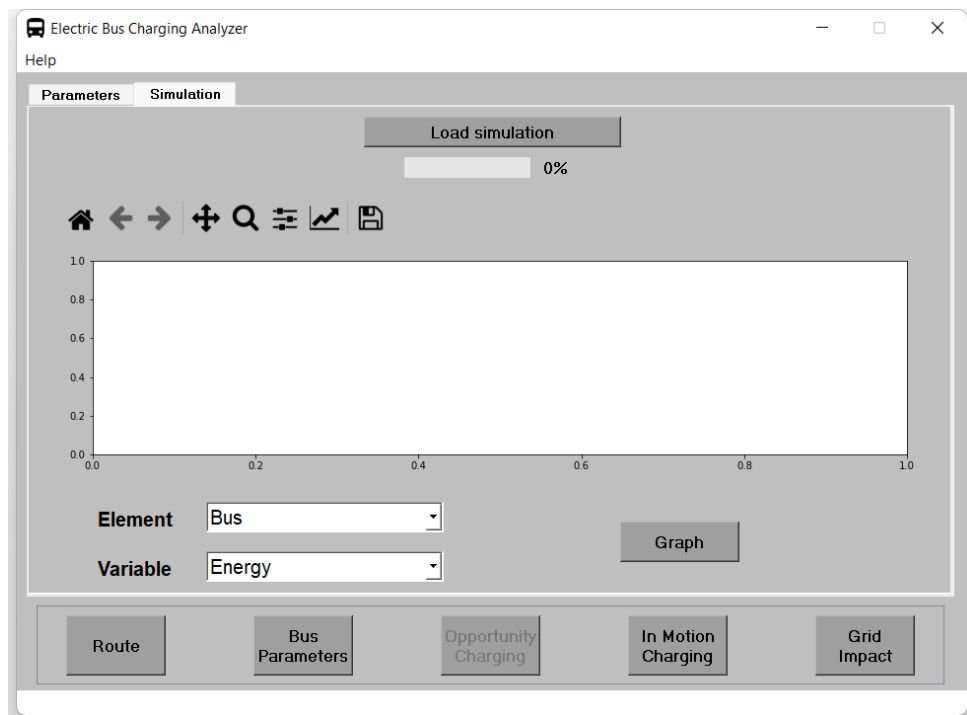


Figura 10: Pestaña **Opportunity Charging>Simulation**.

Para realizar la carga de la simulación se debe presionar el botón **Load simulation** ubicado en la parte superior de la pestaña.

Luego, al momento de que la barra de carga llegue a 100 % se podrá proceder con la visualización de las gráficas. Para esto, debe seleccionar el elemento deseado en la lista desplegable **Element** y así mismo seleccionar la variable a graficar de la lista desplegable **Variable** y presionar el botón **Graph** para visualizar la gráfica deseada.

Para el caso de la gráfica de la potencia entregada por los cargadores los cargadores se representarán como C1, C2, ..., Cn que hacen referencia a los cargadores instalados desde el más cercano hasta el más lejano de la primera parada de la flota.

### 3.4. In Motion Charging

#### 3.4.1. Parameters

En la figura 11 se puede visualizar la primera pestaña de la ventana correspondiente a la configuración de los parámetros de la recarga en movimiento de buses eléctricos y la definición de la ubicación las secciones electrificadas.

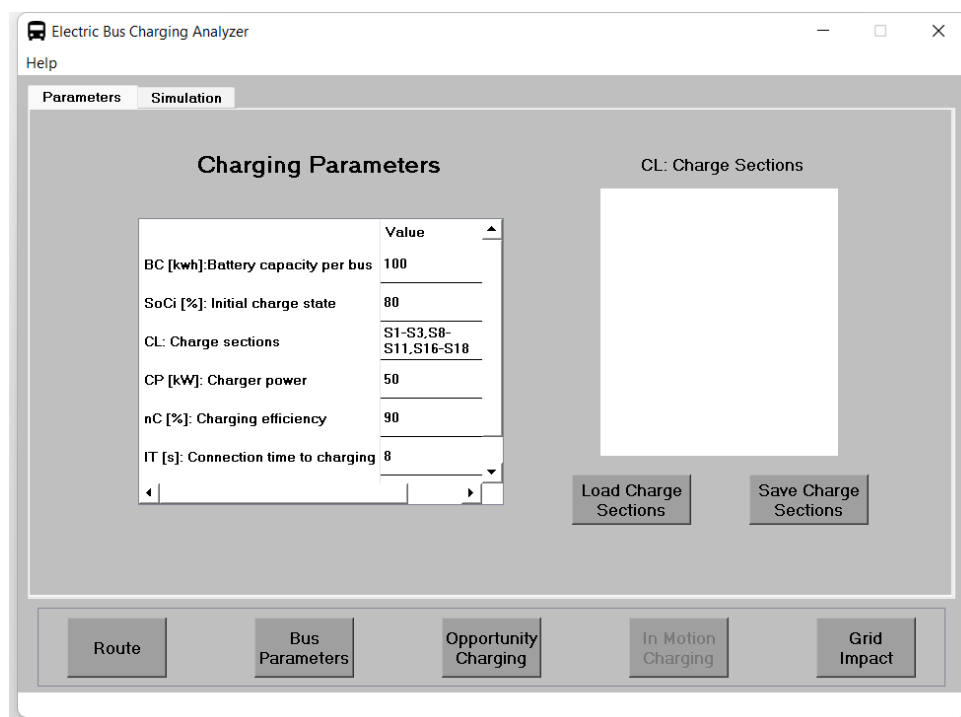


Figura 11: Pestaña **In Motion Charging>Parameters**.

A la derecha de manera similar a la pestaña **Opportunity Charging>Parameters** se encuentra el panel **CL: Charge Sections** donde en este caso se pueden cargar las secciones entre paradas de la flota presionando el botón **Load Charge Sections** y seleccionarlas de forma interactiva para luego cargarlas a la simulación y a su elemento correspondiente de la tabla **Charging Parameters** mediante la pulsación del botón **Save Charge Sections**.

Al igual que en **Opportunity Charging>Parameters** se deben seleccionar y cargar los puntos de carga por medio del panel **CL: Charge Sections** para poder definir los Tags de los cargadores y

se pueda seguir el proceso de simulación sin ningún problema.

### 3.4.2. Simulation

En la figura 12 se puede visualizar la segunda pestaña de la ventana correspondiente a la carga y visualización de la simulación de carga en movimiento de la flota de buses.

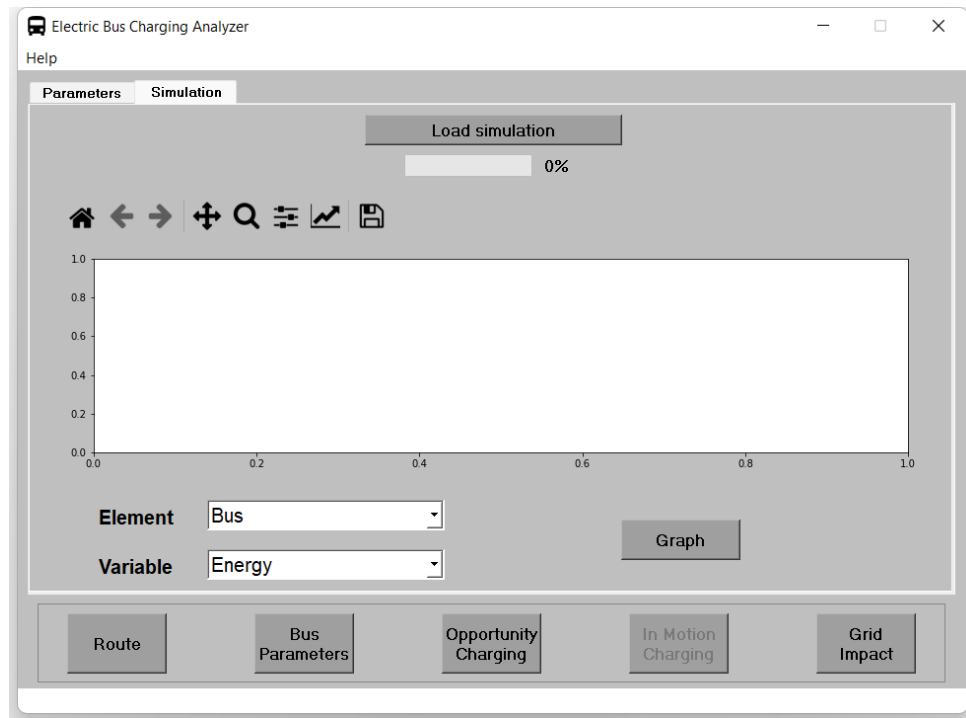


Figura 12: Pestaña **In Motion Charging>Simulation**.

El procedimiento para la operación de la herramienta en esta pestaña es idéntico a su pestaña análoga referente a la recarga de oportunidad **Opportunity Charging>Simulation**.

Para el caso de la gráfica de la potencia entregada por las secciones electrificadas es similar los cargadores de su gráfica análoga para recarga de oportunidad. Se representarán como S1, S2, ..., Sn que hacen referencia a las secciones electrificadas instaladas desde la más cercano hasta la más lejana de la primera parada de la flota.

### 3.5. Grid Impact

Aquí va tu parte @Erick

## 4. Ejemplo: Uso de Electric Bus Charging Analyzer para analizar la Ruta U30 del Transmetro de Barranquilla: Sistema IEEE 37 nodos

En la siguiente sección se mostrará el funcionamiento paso a paso de la herramienta operando con los datos base para los parámetros del bus, curva de velocidad, flota y datos para ambos tipos de carga.

## 4.1. Búsqueda, selección y simulación de Ruta

1. Primero, se debe presionar el botón **Search File** para buscar el archivo **.feather** o **.csv** como se muestra en la figura 13.

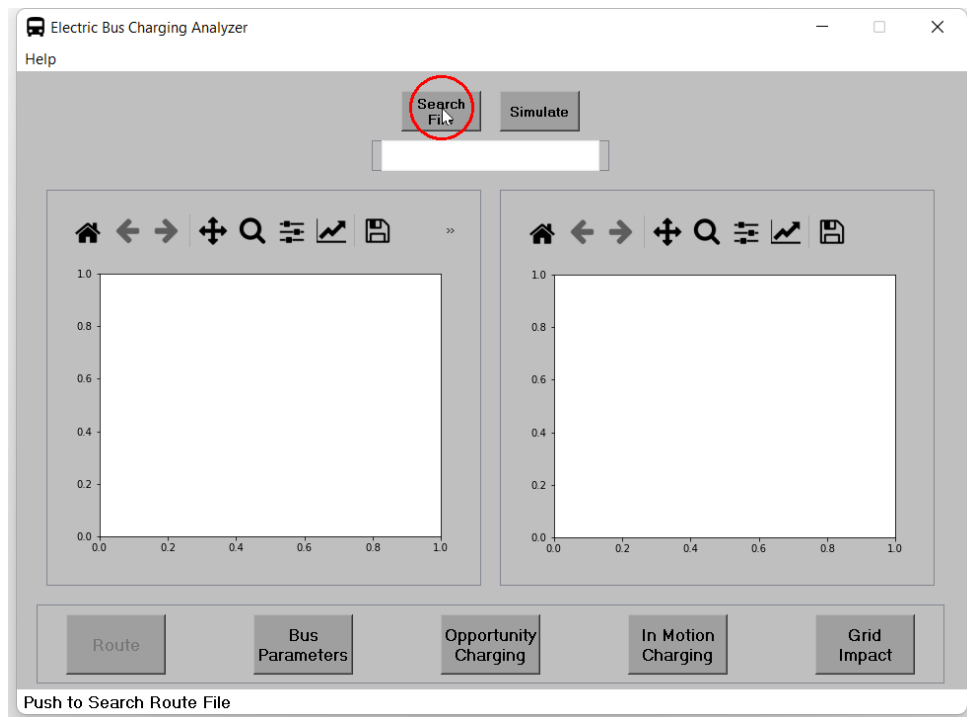


Figura 13: Búsqueda de archivo.

2. En segundo lugar, se debe seleccionar el archivo y presionar **Abrir** como se muestra en la figura 14.

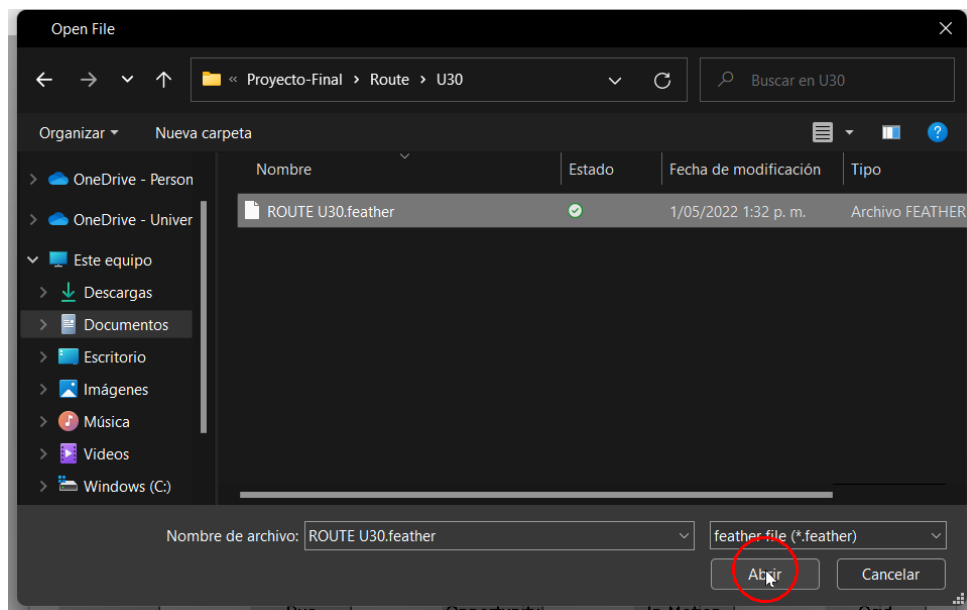


Figura 14: Selección de archivo.

3. Luego se debe simular la ruta el presionando el botón **Simulate** como se muestra en la figura 15.

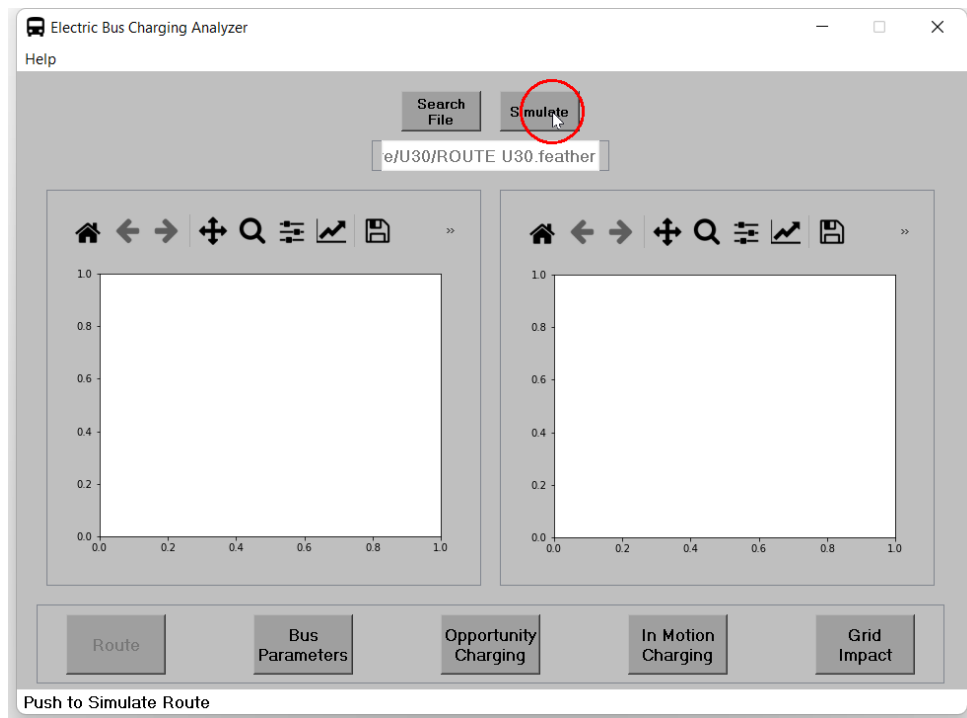


Figura 15: Simulación de la ruta.

4. Finalmente, luego de obtener las gráficas de la simulación, se puede pasar a la siguiente pestaña presionando el botón **Bus Parameters** tal y como se muestra en la figura 16.

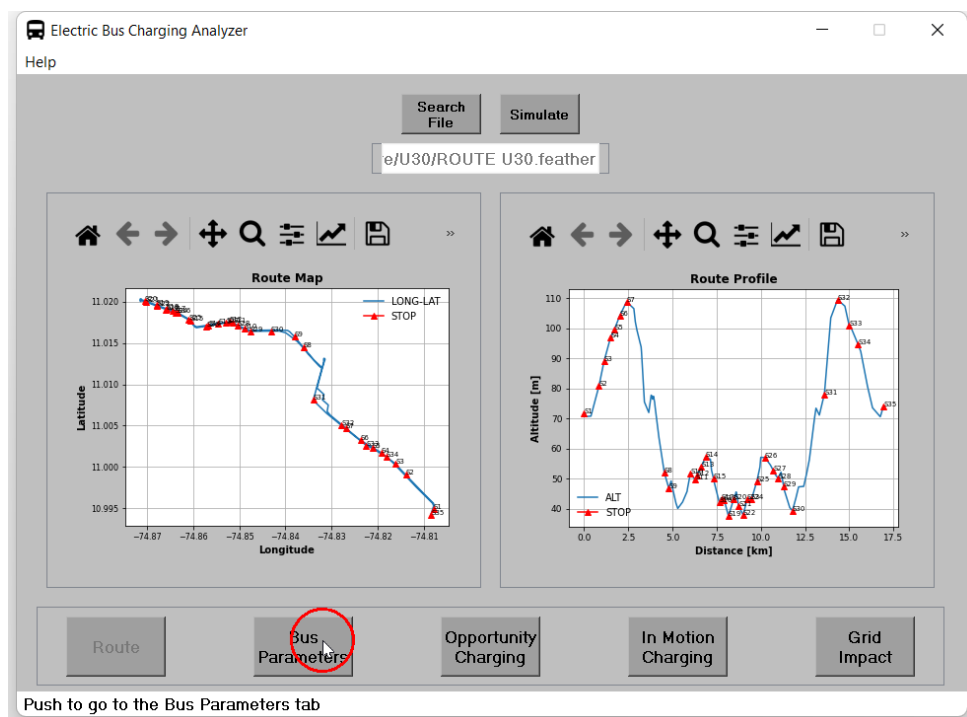


Figura 16: Visualización de resultados y cambio de ventana.

## 4.2. Configuración de bus, flota y diagrama de operación

1. Primero, se generan gráficas de velocidad y distancia del bus presionando el botón **Plot** tal y como se muestra en la figura 17. Luego se debe pasar a la pestaña **Bus Fleet Data** como se muestra en la figura 18

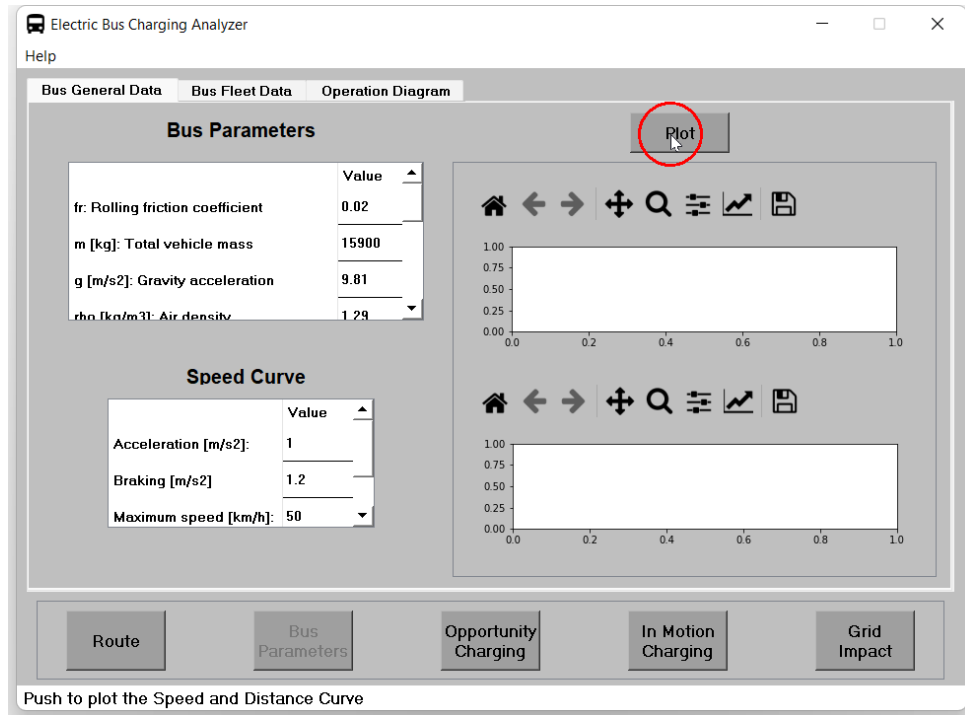


Figura 17: Creación de gráficas de velocidad y distancia.

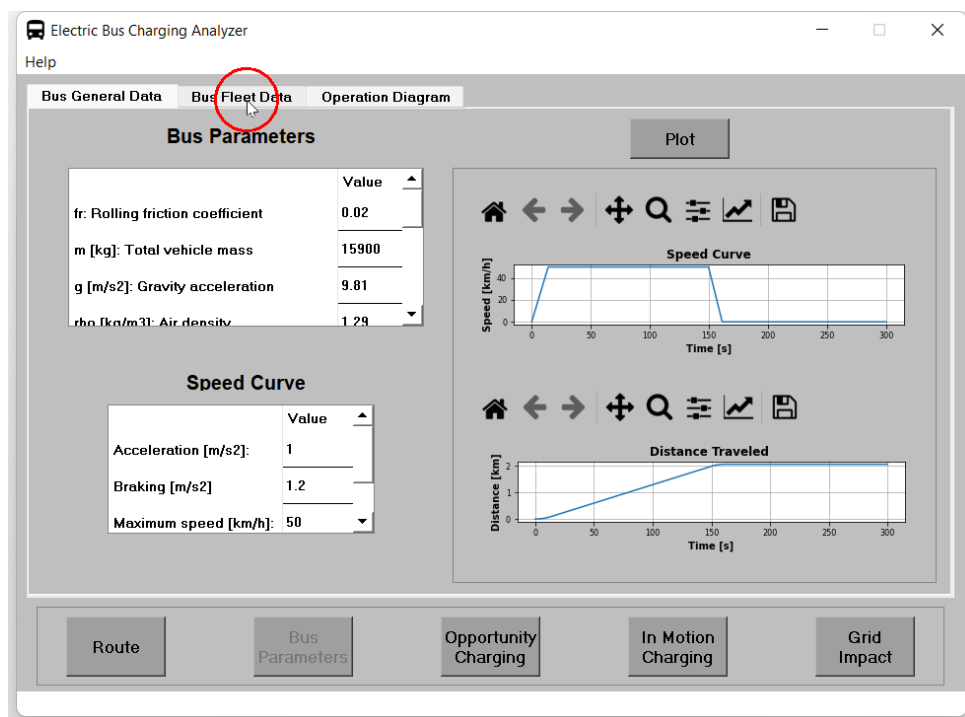


Figura 18: Visualización de resultados y cambio de ventana.

2. En segundo lugar, se definen los parámetros de la flota a analizar y luego se procede a la siguiente pestaña presionando **Operation Diagram** como se muestra en la figura 19.

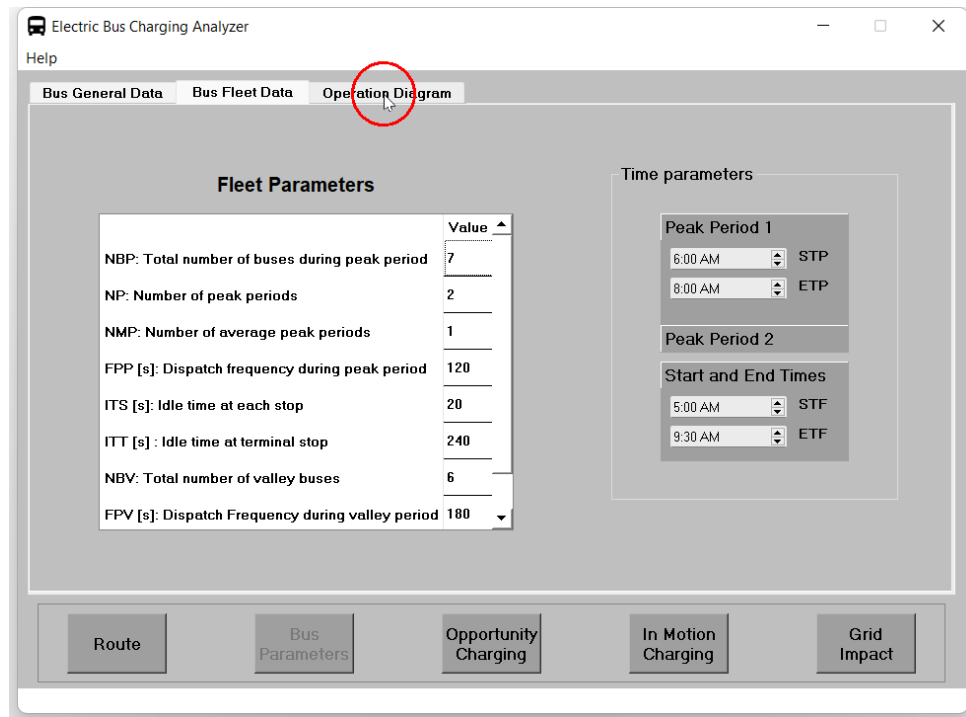


Figura 19: Configuración de los parámetros de la flota.

3. Ahora, se presiona el botón **Generate Operation Diagram** tal como se muestra en la figura 20 para generar el diagrama de operación.

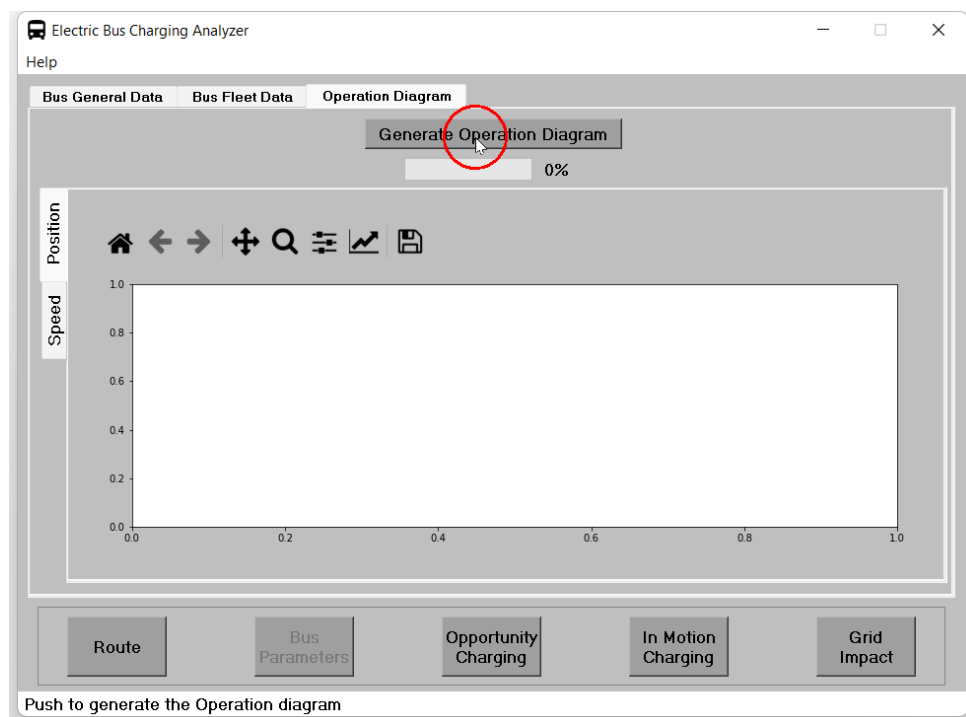


Figura 20: Configuración de los parámetros de la flota.

4. Finalmente, luego se que la barra de carga termine y se visualice el diagrama de operación, se procede a pasar a la siguiente ventana presionando el botón **Opportunity Charging** como se muestra en la figura 21.

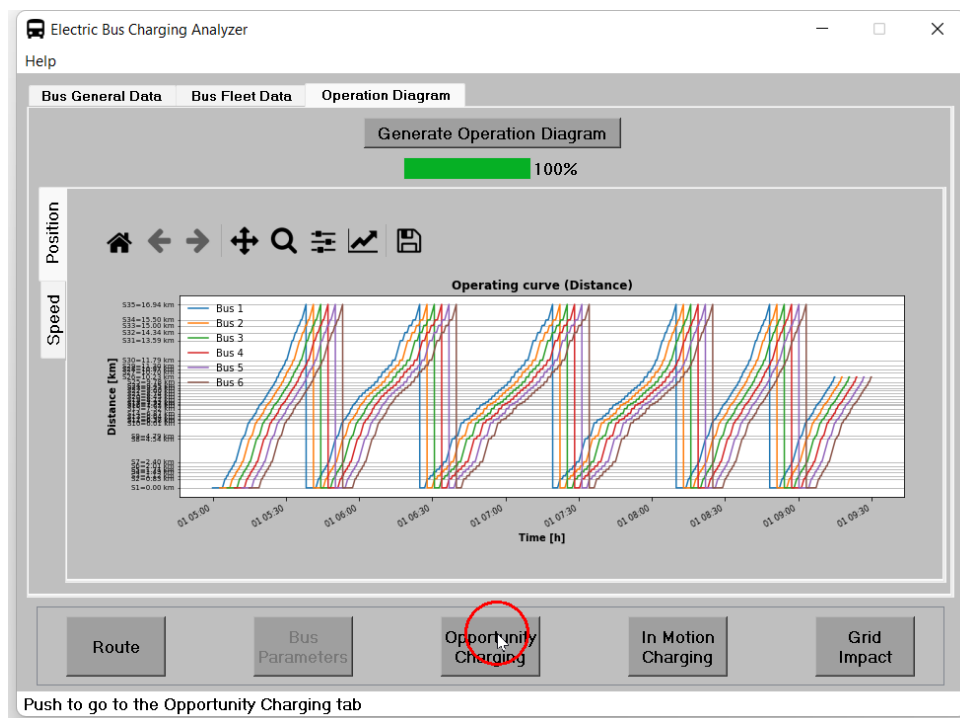


Figura 21: Configuración de los parámetros de la flota.

### 4.3. Configuración y simulación (Recarga de Oportunidad)

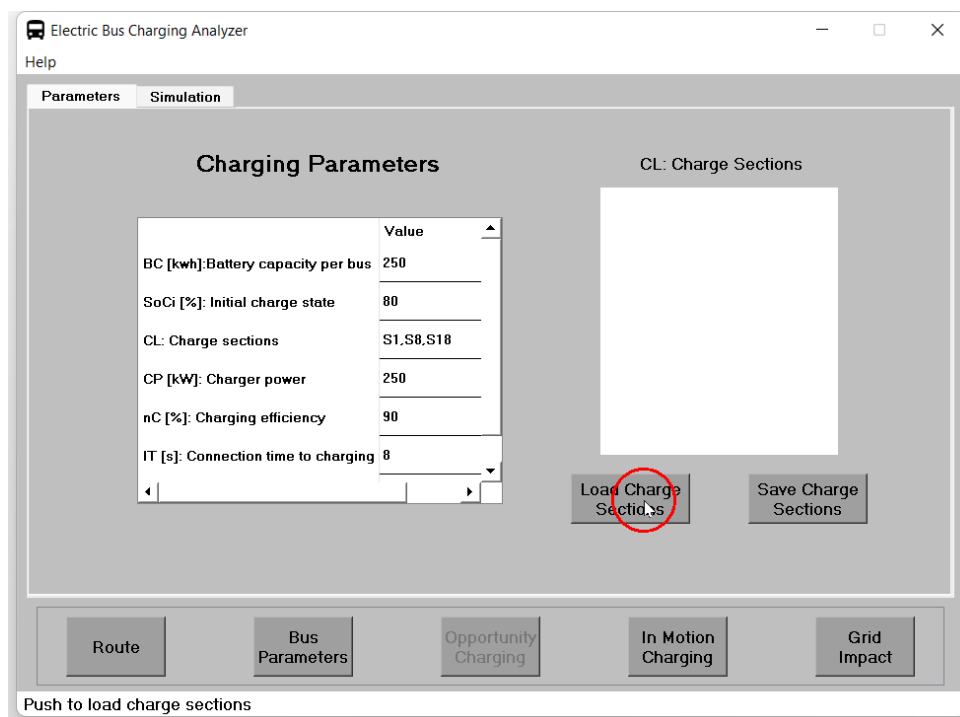


Figura 22: Cargar paradas para selección de posición de cargadores.



1. Se deben cargar las paradas de la ruta, por lo que se presiona el botón **Load Charge Sections** como se muestra en la figura 22 para poder seleccionar las posiciones de los cargadores. Luego, se seleccionan las paradas donde se desean posicionar los cargadores tal como se muestra en la figura 23 y se definen los parámetros de la tabla.

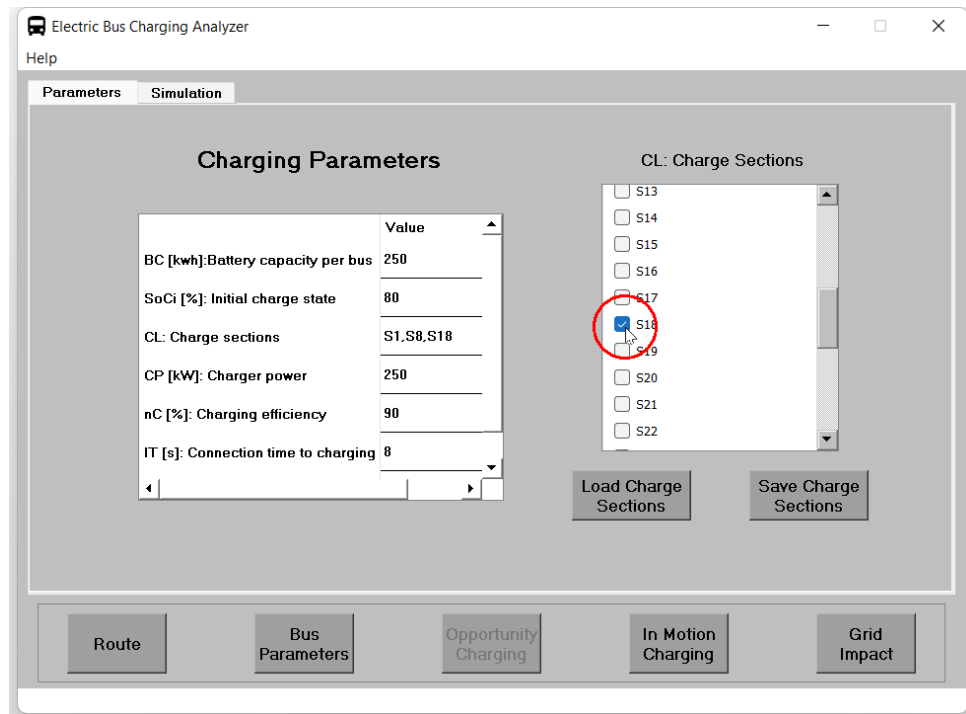


Figura 23: Selección de paradas para posicionamiento de cargadores.

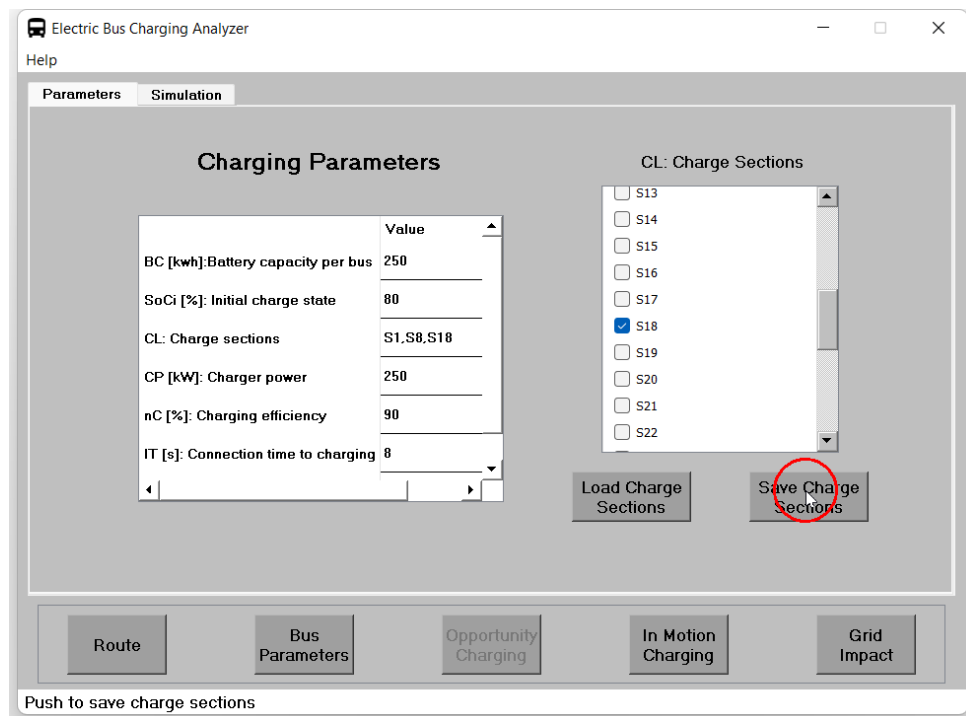


Figura 24: Guardar posiciones de cargadores.

2. Ahora, se procede a guardar las paradas presionando el botón **Save Charge Sections** como se muestra en la figura 24. Luego se puede proceder a la pestaña **Simulation** como se ve en la figura 25.

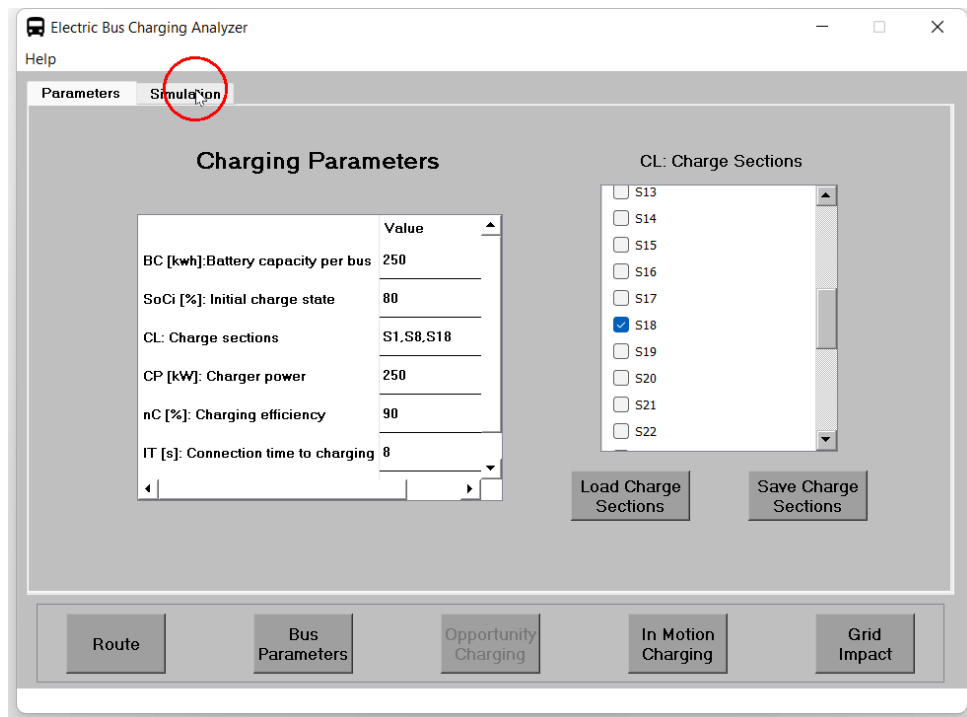


Figura 25: Cambio a pestaña de simulación.

3. Ahora, se presiona el botón **Load simulation** para cargar la simulación (figura 26).

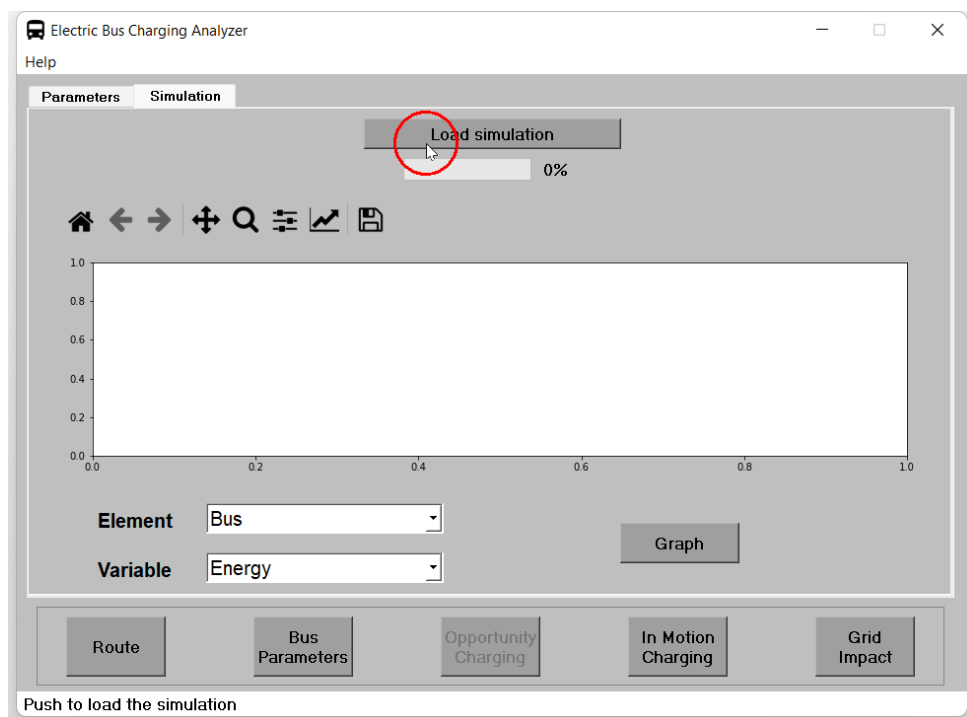


Figura 26: Cargar simulación.

4. Cuando la barra de carga llegue a 100 %, se procede a presionar **graph** (figura 27).

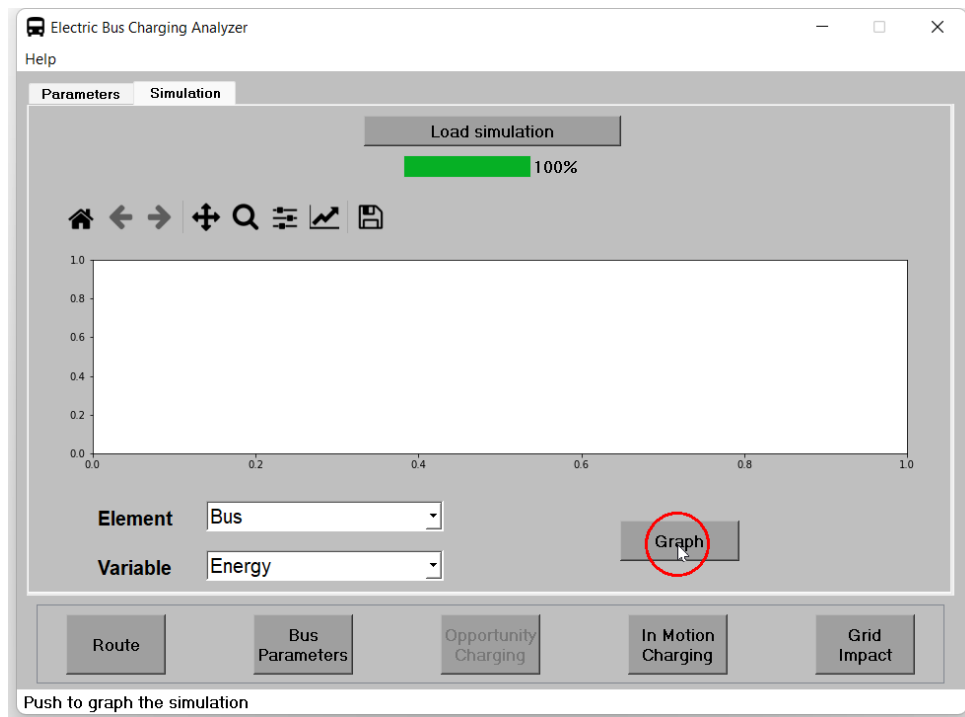


Figura 27: Generar gráfica de simulación.

5. Se puede visualizar otra variable, seleccionándola en la lista desplegable como se muestra en figura 28.

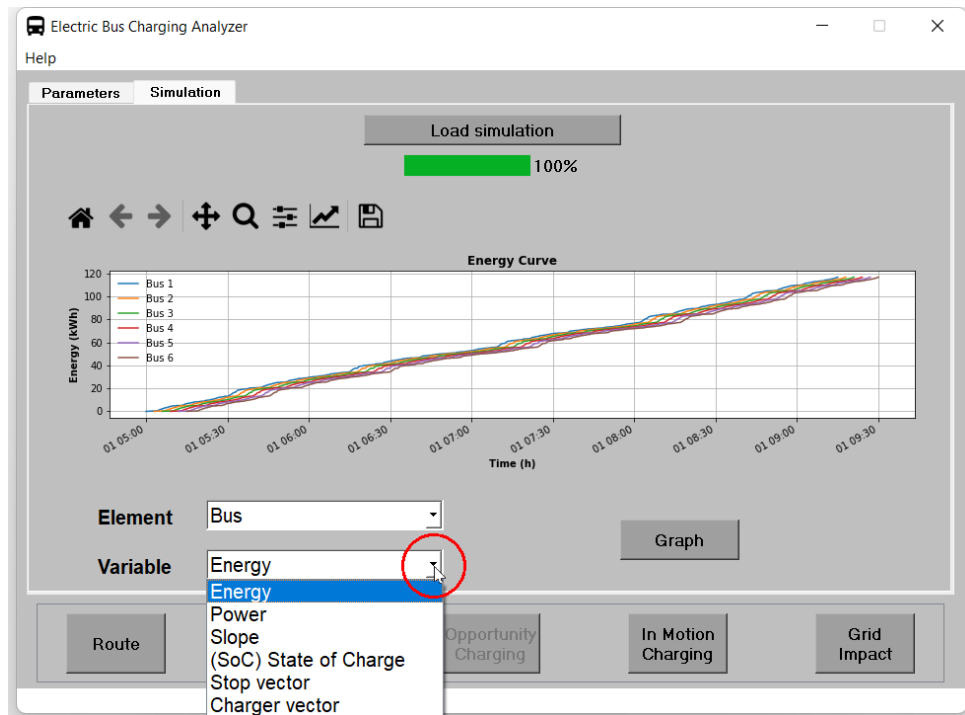


Figura 28: Seleccionar otra variable para gráfica.

En este caso se seleccionó la opción (SoC) State of Charge, para luego generar su gráfica presionando el botón Graph como se muestra en la figura 29.

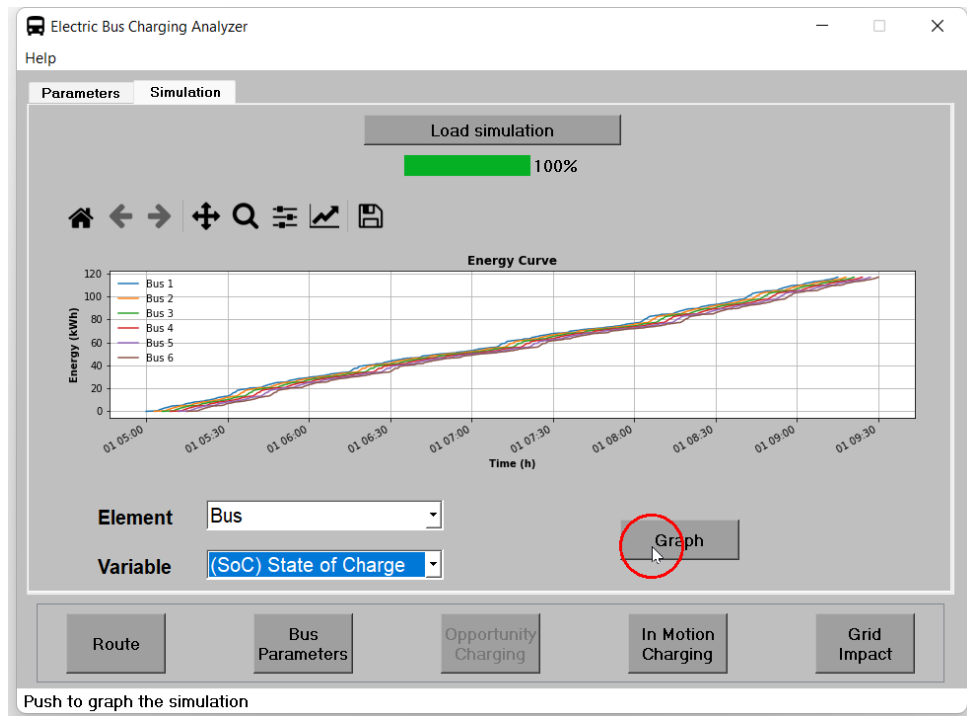


Figura 29: Generar gráfica de simulación.

6. Luego, se selecciona el elemento Charger con en la figura 30.

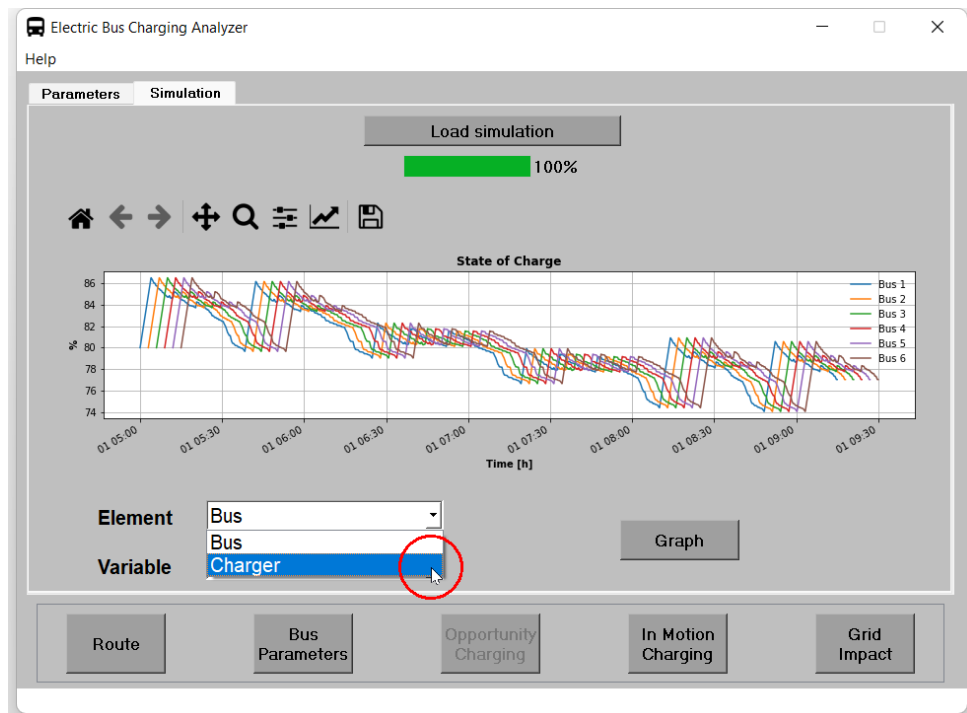


Figura 30: Cambiar elemento de simulación.

Posterior a esto, se presiona el botón **Graph** para generar la gráfica correspondiente al elemento (figura 31).

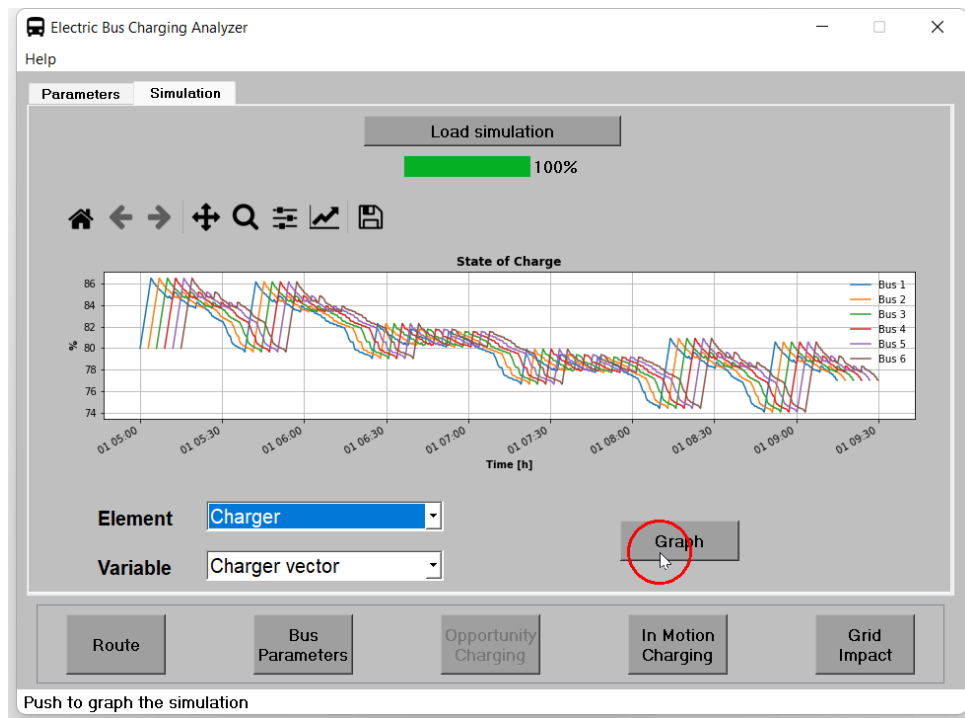


Figura 31: Generar gráfica de simulación.

7. Finalmente, después se puede pasar a ventana de carga en movimiento presionando el botón **In Motion Charging** como se muestra en la figura 32.

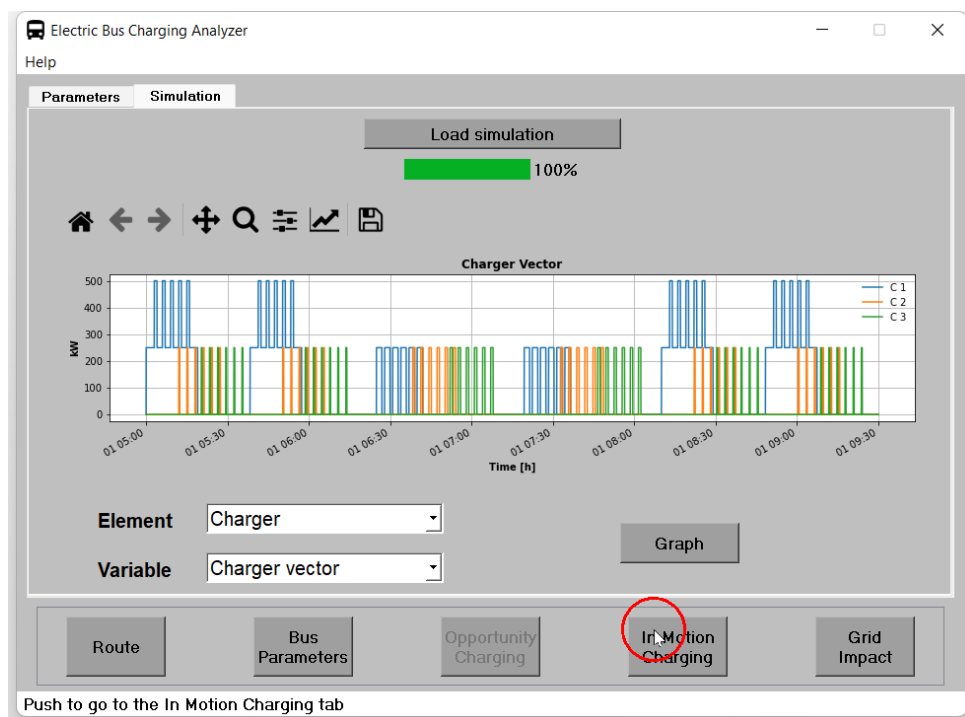


Figura 32: Cambiar de ventana.

#### 4.4. Configuración y simulación (Recarga en movimiento)

1. Se presiona el botón **Load Charge Sections** para cargar las opciones de selección de secciones electrificadas de la ruta (figura 33).

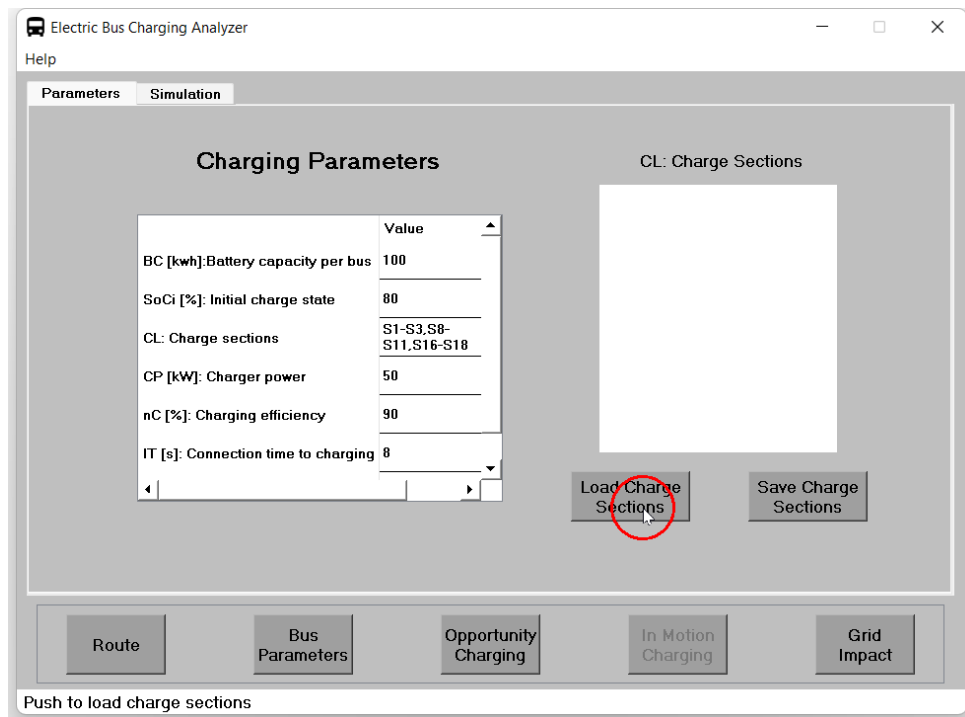


Figura 33: Cargar paradas para selección de posición de cargadores.

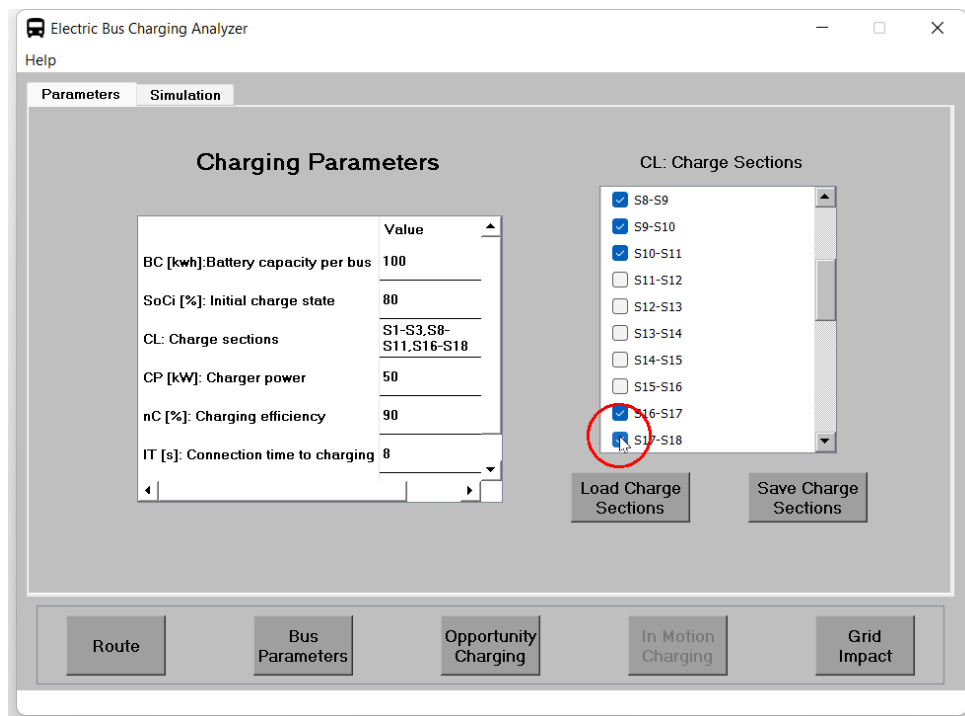


Figura 34: Selección de paradas para posicionamiento de cargadores.

Luego, se seleccionan las secciones electrificadas donde se desean posicionar las secciones electrificadas tal como se muestra en la figura 34 y se definen los parámetros de la tabla.

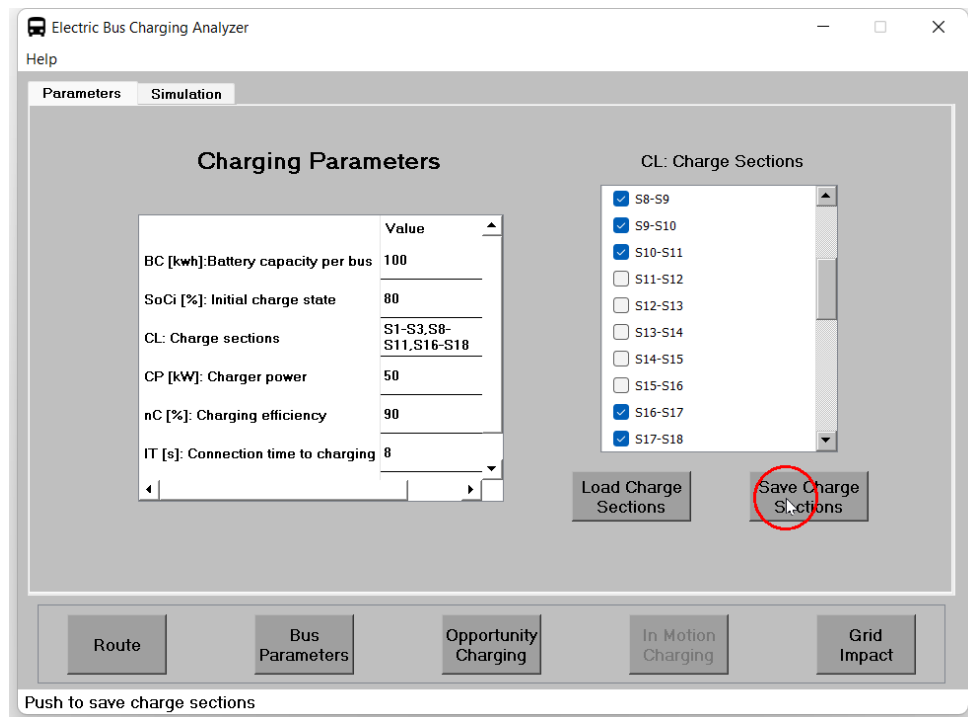


Figura 35: Guardar posiciones de cargadores.

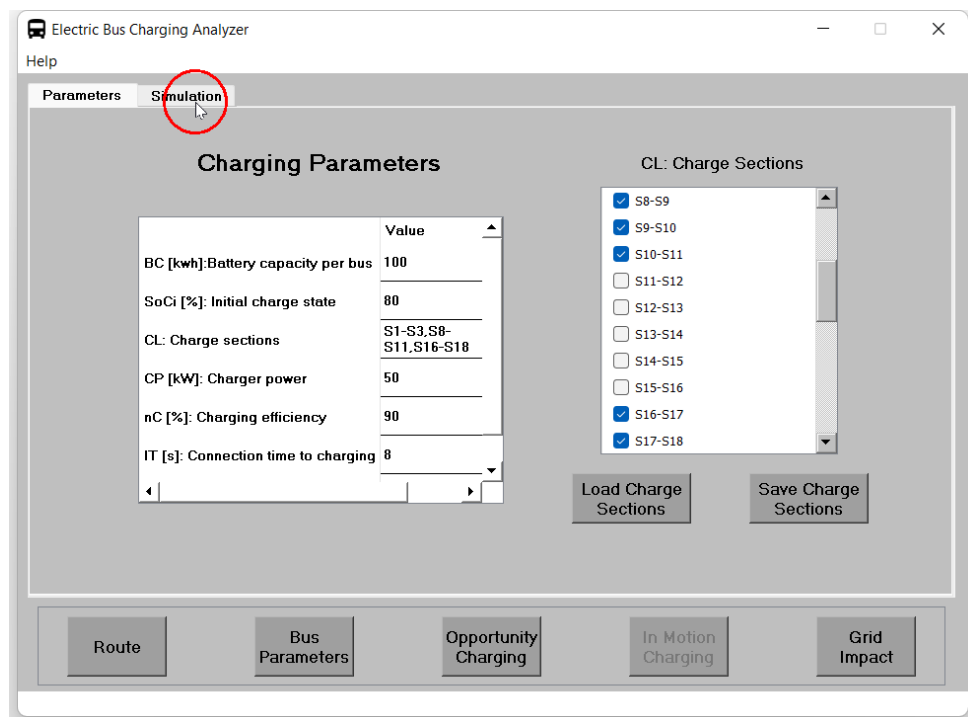


Figura 36: Cambio a pestaña de simulación.

- Ahora, se procede a guardar las secciones electrificadas presionando el botón **Save Charge Sections**

como se muestra en la figura 35. Luego se puede proceder a la pestaña **Simulation** como se ve en la figura 36.

3. Ahora, se presiona el botón **Load simulation** para cargar la simulación (figura 37).

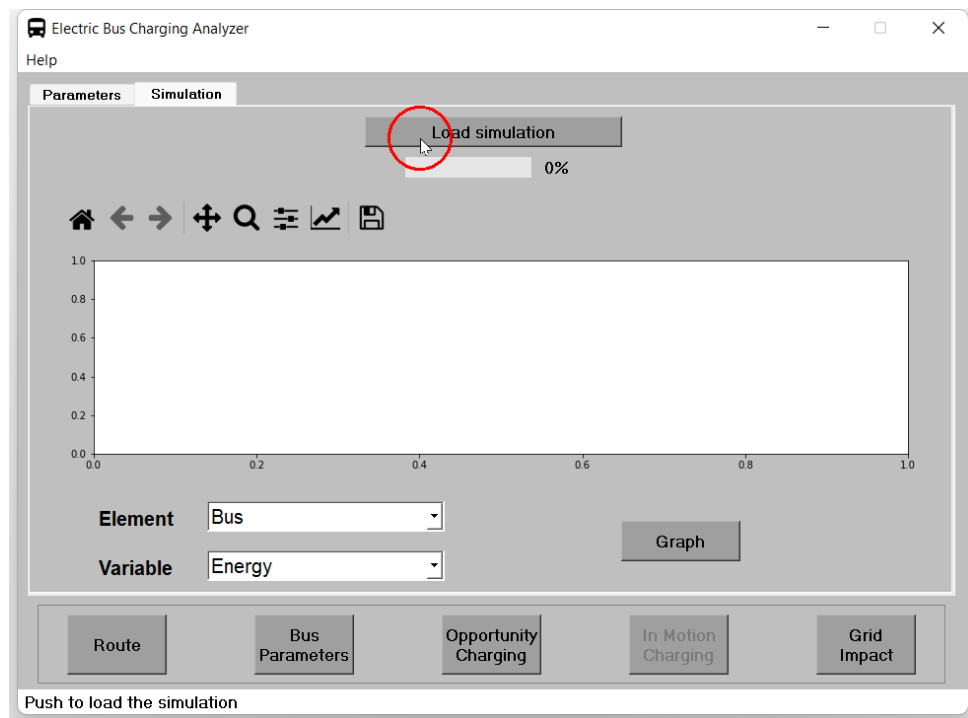


Figura 37: Cargar simulación.

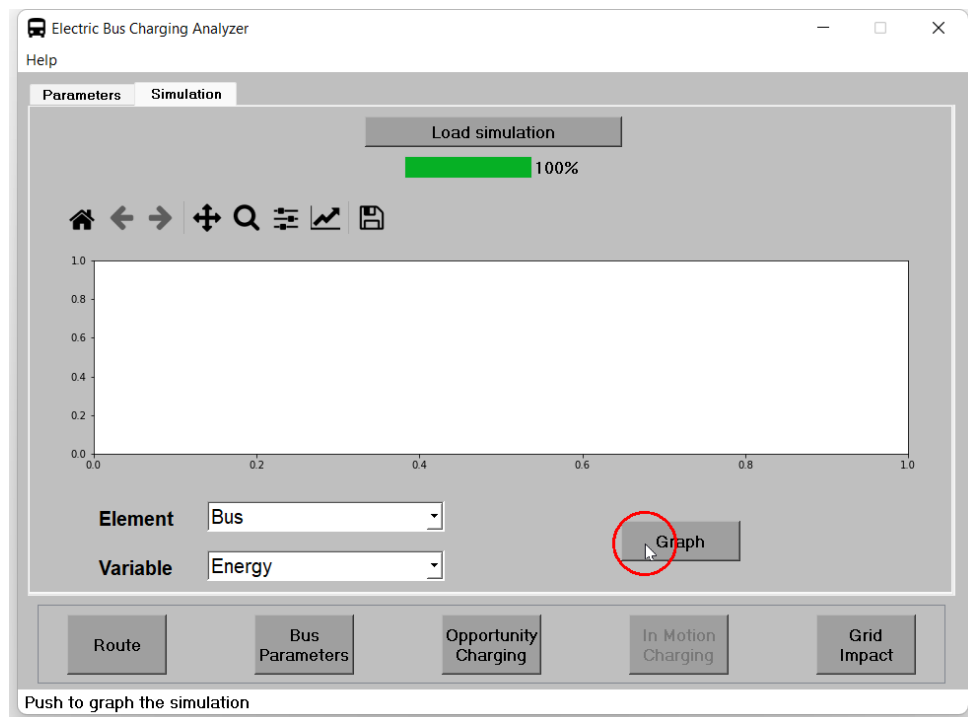


Figura 38: Generar gráfica de simulación.



4. Cuando la barra de carga llegue a 100 %, se procede a presionar **graph** (figura 38).
5. Se puede visualizar otra variable, seleccionándola en la lista desplegable como se muestra en figura 39.

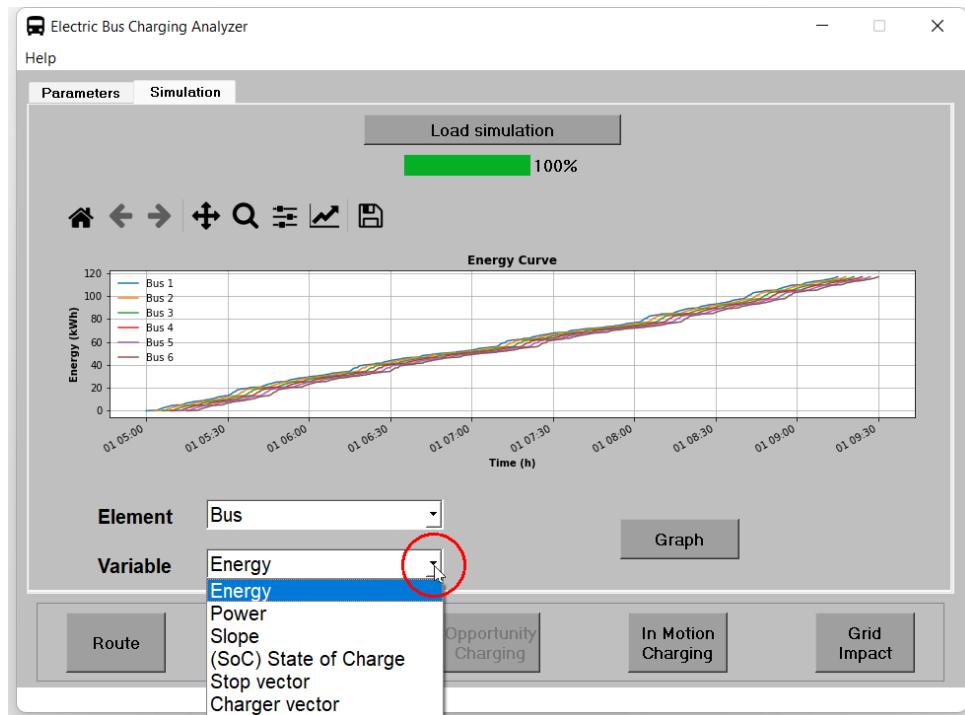


Figura 39: Seleccionar otra variable para gráfica.

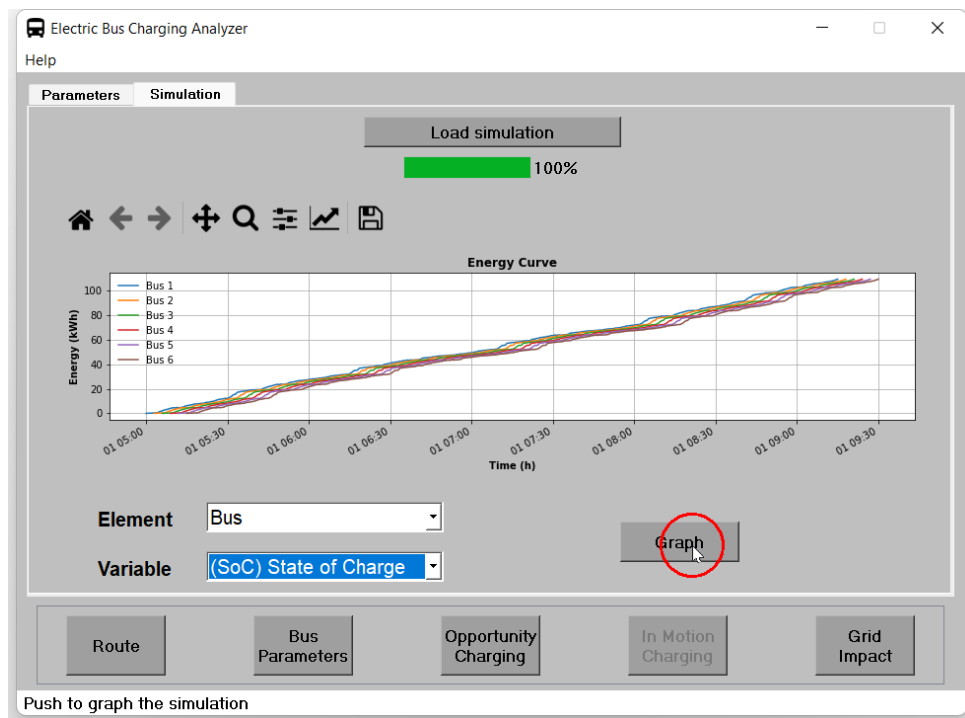


Figura 40: Generar gráfica de simulación.

En este caso se seleccionó la opción (SoC) State of Charge, para luego generar su gráfica presionando el botón Graph como se muestra en la figura 40.

6. Luego, se selecciona el elemento Charger con en la figura 41.

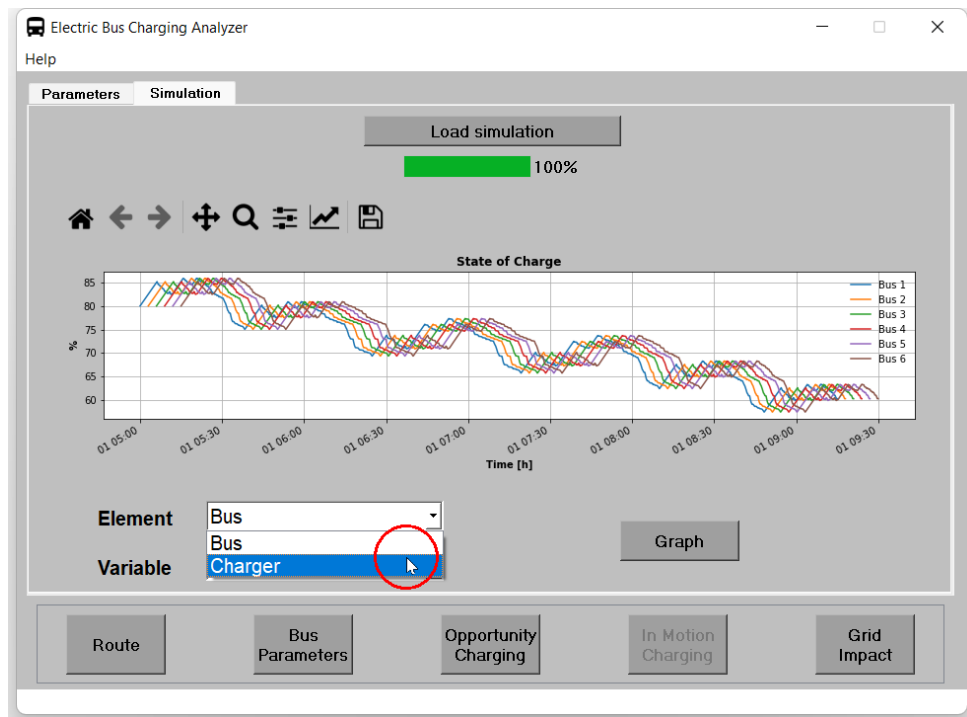


Figura 41: Cambiar elemento de simulación.

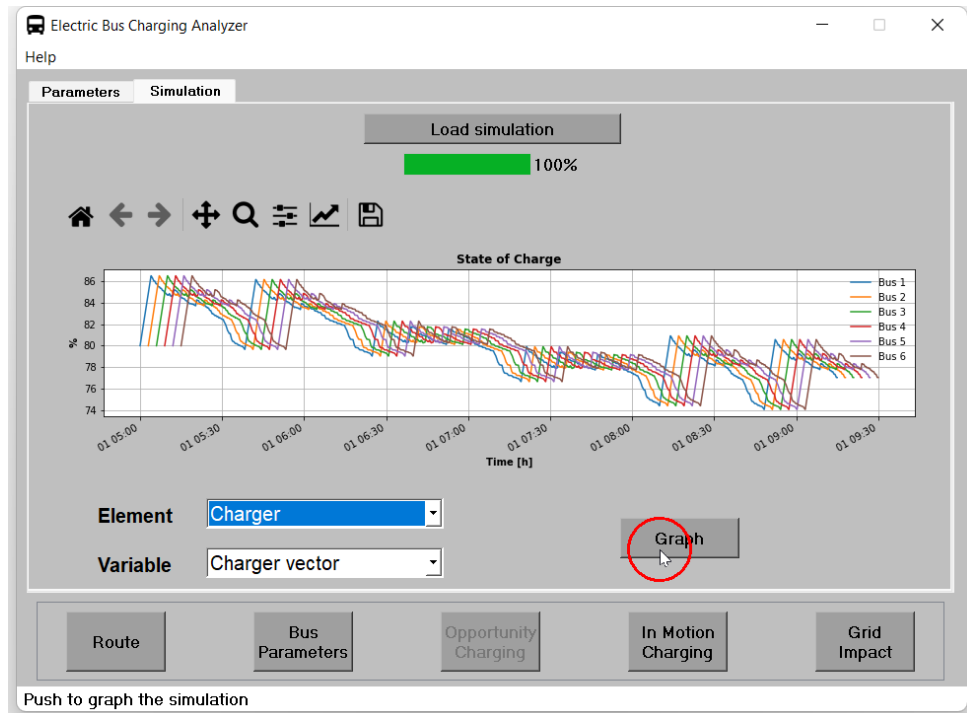


Figura 42: Generar gráfica de simulación.

Posterior a esto, se presiona el botón **Graph** para generar la gráfica correspondiente al elemento (figura 42).

7. Finalmente, después se puede pasar a ventana de carga en movimiento presionando el botón **In Motion Charging** como se muestra en la figura 43.

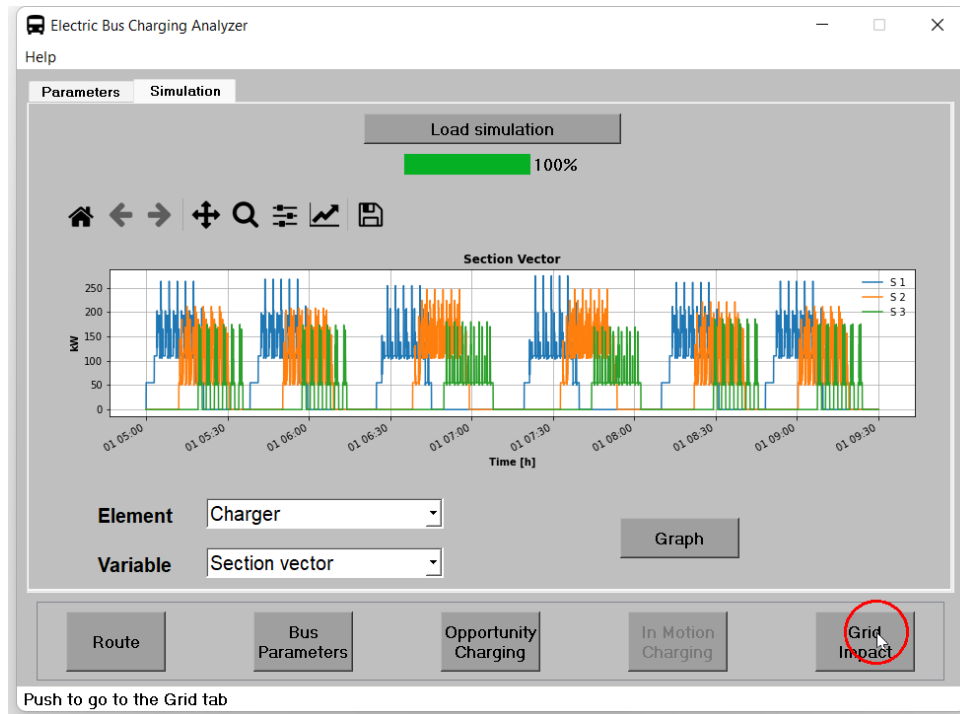


Figura 43: Cambiar de ventana.

#### 4.5. Aquí va tu parte @Erick

## 5. Apéndice

Si la aplicación no funciona luego de hacer seguido al pie de la letra este manual, debe verificar esta sección para cerciorare que se cumplen todos los prerequisites para que el programa funcione correctamente.

### 5.1. Prerrequisitos para correr Electric Bus Charging Analyzer

Para correr Electric Bus Charging Analyzer, debe tener:

1. Sistema operativo Windows 10, Windows 11 u operar la herramienta en una máquina virtual con alguna de estas dos versiones de Windows.
2. OpenDSS instalado en su computador.
3. Anaconda 3 instalado en su computador.
4. Debe descargar el archivo ,yaml del siguiente vinculo [\[env\]](#), el cual hace referencia a un ambiente de Anaconda 3 con todos los paquetes y dependencias resueltas que debe importar en su sistema mediante el ingreso en la terminal de su sistema el comando que se muestra a continuación:

```
conda env create -f ProyectoFinal.yaml
```

## 5.2. Preguntas frecuentes

### 5.2.1. ¿Es normal que los tiempos de simulación de la herramienta sean muy extensos?

Esto dependerá de muchos factores, como la ruta ingresada, las horas de inicio y fin de la simulación, el número de buses y del número de cargadores o secciones electrificadas. Sin embargo, debido a que la idea es que los datos sean lo más acercados a la realidad posible hace que la herramienta tenga que realizar muchos cálculos por lo que es normal que esta demore un tiempo en entregar los resultados.

### 5.2.2. Tengo el archivo **.csv** con las indicaciones del manual, pero la herramienta presenta problemas al leerlo

Es probable que el problema se deba a la codificación del archivo por lo que es recomendable crear una versión del mismo archivo pero en formato **.feather**. A continuación se muestra un ejemplo de como crear un archivo **.feather** a partir de uno **.csv** mediante el uso de un código de python que puede ejecutar:

---

```
import pandas as pd
from pyarrow import feather
# Ruta del archivo .csv de la ruta
csv_file = 'Ruta completa del archivo .csv'
try:
    routeData = pd.read_csv(csv_file)
    routeData.to_feather('ROUTE.feather')
except Exception as ex:
    print(ex)
```

---

### 5.2.3. La herramienta funciona correctamente, pero las gráficas son dificultosas de entender y no se entiende el comportamiento simulado

Las gráficas entregadas en varias pestañas suelen ser bastante complejas de entender y de distinguir su comportamiento, pero a continuación se presentan unas alternativas para poder visualizarlas de una mejor manera:

1. Disminuir el tiempo de simulación.
2. Disminuir el número de buses de la flota.
3. Aumentar la frecuencia de despacho de los buses.
4. Utilizar la barra de herramientas de los paneles gráficos para acercarse, alejarse o moverse al rededor de la gráfica. Además, puede cambiar el diseño de las líneas, la escala, ocultar trazos específicos, entre muchas otras funciones. Dicha barra se muestra en la figura 44.

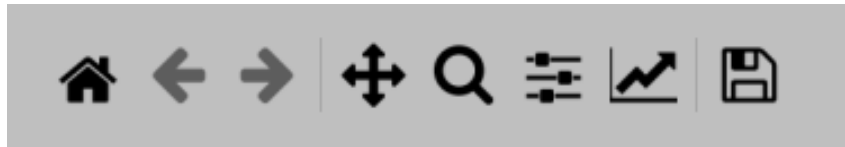


Figura 44: Barra de herramientas de paneles gráficos.