

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

Desarrollo de una interfaz gráfica HMI en Python para parametrización y manejo de cargas electrónicas serie BK8500

Carolina Ortiz Arteaga

Ingeniería mecatrónica

Directores del trabajo de grado:

Cristian Guarnizo Lemus

Bonie Johana Restrepo Cuestas

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Julio de 2022

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En este proyecto desarrolló una interfaz gráfica para programar cargas electrónicas de la serie BK *Precision* 85XX¹ vía comunicación serial, utilizando el lenguaje de programación Python para desarrollar las funciones y algoritmos requeridos para la codificación, todo esto en conjunto con PyQT *Designer* para la integración del entorno gráfico de manera que su uso sea intuitivo y cómodo para el usuario.

Las funciones se desarrollaron a partir de los comandos preconfigurados que pueden ser consultados en el manual de usuario. A pesar de que la configuración se puede hacer completamente de manera manual (el usuario debe introducir cada valor de configuración por medio de los botones del panel principal de la carga), este proceso implica un mayor tiempo de ejecución y no se asegura la correcta programación de la carga.

Palabras clave: Lenguaje de programación Python, interfaz gráfica, carga electrónica, comandos.

¹ Referencias que aplican:
8500, 8502, 8510, 8512, 8514, 8518, 8520, 8522, 8524 y 8526.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 22

RECONOCIMIENTOS

Quiero dar mis agradecimientos a todas las personas que hicieron parte de la evolución del proyecto y que me acompañaron en cada paso de éste, como mis asesores Cristian Guarnizo y Bonie Restrepo, quienes fueron una parte importante para el avance del proyecto; a mis compañeros, amigos y familia, por ayudarme con sus conocimientos y ánimos para seguir adelante.

También quiero agradecer al ITM y al laboratorio de energía eléctrica y potencia por permitirme el acceso a todos los recursos, dispositivos e infraestructura necesarios para el desarrollo del proyecto, y especialmente porque fomentan el crecimiento académico y personal de todos nosotros.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

C: Corriente

V: Voltaje

W: Potencia

R: Resistencia

CC: Corriente constante

CV: Voltaje constante

CW: Potencia constante

CR: Resistencia constante

Ah: Amperio*hora

Wh: Vatio*hora

IDE: Entorno de desarrollo integrado

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Objetivos	
1.1.1	<i>General</i>	
1.1.2	<i>Específicos</i>	
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Carga electrónica BK <i>Precision 8500</i>	
2.2	Comunicación serial	
2.3	Python y PyQt <i>Designer</i>	
3.	METODOLOGÍA	
3.1	Análisis de la carga electrónica	
3.2	Sondeo del dispositivo por medio de pruebas de escritura y lectura	
3.3	Diseño y programación de la interfaz gráfica de usuario	
3.4	Validación de la interfaz gráfica de usuario	
3.5	Redacción de manual de operación de la interfaz gráfica	
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	
5.1	Conclusiones	
5.2	Recomendaciones y trabajo futuro	
	REFERENCIAS	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el ITM cuenta con múltiples laboratorios en todos sus campus, los cuales tienen dispositivos que se utilizan para el mejoramiento de las tecnologías, las metodologías de enseñanza y en el campo de la investigación. Es necesario que estos dispositivos estén en buen estado y tengan buen rendimiento para su uso, para esto se usan instrumentos como las cargas electrónicas que toman mediciones que ayudan a analizar el rendimiento de algunos dispositivos como por ejemplo fuentes de alimentación DC, paneles solares, convertidores DC – DC y celdas de combustible (entre otros).

Para realizar la programación de las cargas electrónicas se debe acudir al panel frontal de la misma, desde el cual no es posible interactuar intuitivamente, ya que el usuario debe conocer con anterioridad el instrumento o acudir al manual de usuario para cada tarea que requiera realizar con la carga electrónica. Es por ello que se hizo necesaria la creación de una interfaz gráfica que ayude al usuario a programar la carga electrónica de una manera intuitiva que en conjunto permita visualizar los estados de funcionamiento de la carga y supervisar las siguientes variables eléctricas: corriente, voltaje y potencia.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Desarrollar una interfaz gráfica de usuario por medio de Python para programar la carga electrónica BK8500.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.1.2 Específicos

- Analizar el modo de programación manual de la carga electrónica de la serie BK8500.
- Establecer la secuencia de las funciones que se requieren para cada proceso específico que pueda realizar la carga electrónica.
- Desarrollar y validar la programación realizada mediante pruebas físicas con la carga electrónica, planteando ejemplos de parametrización que permitan identificar tiempos de programación y posibles errores que puedan cometerse de forma manual.
- Diseñar una interfaz gráfica, desde la cual se puedan realizar la configuración de la carga para sus posibles aplicaciones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

En ese capítulo se brinda información sobre la carga electrónica y sus aplicaciones, la comunicación serial, el lenguaje de programación Python y el *framework* PyQt Designer.

2.1 Carga electrónica BK Precision 8500

Las cargas electrónicas de la serie BK8500 son dispositivos que se usan para diseñar, fabricar y evaluar fuentes DC, baterías, y componentes de alimentación DC; puede operar de diferentes maneras, tales como: corriente constante, voltaje constante, potencia constante o resistencia constante para medir y visualizar en tiempo real los valores de voltaje/corriente o resistencia/potencia.

Entre las aplicaciones más comunes para el uso de la carga se encuentran: pruebas en fuentes de alimentación DC, caracterización de baterías recargables, prueba de celdas solares y de combustible, y aplicaciones de alto voltaje. Todas estas pruebas por lo general requieren de un barrido en modo lista repetitiva con al menos 200 valores diferentes. Haciendo que la programación manual es ineficiente Entre las pruebas que se realizan en la fuente de alimentación están la respuesta transitoria de carga que analiza el tiempo que demora la fuente de alimentación en estabilizar su voltaje de salida después de que se produce un cambio tipo escalón (*step*) en la carga. También se encuentra la regulación de la carga que mide el cambio del voltaje de salida desde que la carga de corriente está en 0 hasta que llega al valor nominal de corriente de la fuente. Por último, podemos ver la limitación de corriente que determina el límite al que llega la corriente de la fuente de alimentación que se está analizando y la obtención de curvas I-V en paneles solares que requiere barridos en tensión constante para analizar el comportamiento del sistema fotovoltaico de prueba.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La serie BK8500 permite su programación de forma manual, es decir a través de su panel frontal, y también de forma remota haciendo uso de programación serial. Desde el Laboratorio de Investigación de Energía Eléctrica y Potencia se desarrollaron algunas funciones para lograr su programación vía Matlab. Sin embargo, aunque el ITM cuenta con la licencia del software, se desea implementar la interfaz en Python puesto que es la herramienta de programación propuesta por el fabricante, se encuentra información de algunas funciones desarrolladas en Github, y cualquier usuario puede hacer uso de la interfaz sin necesidad de contar con una herramienta licenciada. Además, hasta el momento si un usuario quisiera hacer uso de las funciones, deberá generar un script en Matlab o Python, que integre las funciones requeridas y también deberá generar las funciones que aún no estén desarrolladas, todo esto según la aplicación que desee desarrollar.

Por lo anterior, se plantea la necesidad de crear una interfaz gráfica que de forma simplificada permita realizar barridos en cualquiera de los modos constantes que permite la carga como son: resistencia, voltaje, corriente y potencia, y que además permita cambios en los periodos de tiempo de cada posición de la lista generada. Además, se desea evaluar el tiempo de ejecución, tanto en Matlab como en Python, y que éstos permitan validar en cuál escenario el costo computacional es menor.

2.2 Comunicación serial

En Robots Didácticos (2019) se define la comunicación serial como un protocolo que permite el envío de datos entre dispositivos, enviando la información con un bit a la vez, en este caso se utiliza la tecnología RS-232, de manera que para lograr la comunicación se deben revisar los puertos seriales para verificar el puerto que se asocie con el dispositivo que se quiera conectar. Además, se debe especificar su velocidad en baudios, que para el caso es especificado por el proveedor dentro del manual de usuario, en donde la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

velocidad más alta es de 38400 baudios, y también se debe especificar la paridad, que en el manual de usuario de la carga electrónica de BK *Precision* no se implementa.

2.3 Python y PyQt *Designer*

En Becas Santander (2021) se define Python como un lenguaje de programación de código abierto y de alto nivel, que se denomina como interpretador y por ello no requiere llevar el código a lenguaje de máquina, es uno de los lenguajes más sencillos de utilizar ya que al escribir en él se asemeja mucho al lenguaje humano. Se implementa por su gran versatilidad y utilidad en la actualidad, además de que al ser en código abierto no requiere de licencia para su uso.

Laca Mariano (s.f.) menciona PyQt como “un *binding* de la biblioteca gráfica de Qt para el lenguaje de programación Python”. Éste se usa en el proyecto para desarrollar la interfaz gráfica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1 Análisis de la carga electrónica

Se hace un análisis de la carga electrónica leyendo su manual, hoja de datos y documentación asociada, para así entender el funcionamiento del equipo, los modos de operación y funcionalidades, se consideran los valores límites de operación de cada variable que se pueda controlar para que funcione de forma segura y óptima.

Precision (s.f.) da indicaciones en el manual de usuario para el uso de la carga electrónica desde su panel frontal, en la Figura 1 se puede observar cómo es el panel frontal en una carga electrónica de referencia 85XX, éste cuenta con un panel numérico que sirve para ingresar valores numéricos y para habilitar funciones presionando en conjunto con el botón de shift, también tiene botones que permiten el cambio de modos de operación (I-set para el modo CC, V-set para el modo CV, P-set para el modo CW y R-set para el modo CR), un botón para encender y apagar la carga y otro para habilitar e inhabilitar entradas (en el trabajo será tomado como encendido y apagado, ya que de este modo es como se trata en el laboratorio, y con este botón se da inicio a las caracterizaciones realizadas a los distintos componentes que se requieran), tiene un botón de *enter* para establecer los valores ingresados y dos flechas (arriba y abajo) para poder navegar entre las funciones y configuración de la carga. Además, tiene un botón giratorio que se puede usar para ajustar valores numéricos sin tener que usar el panel numérico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 1. Panel frontal en carga 8502 – Foto tomada en el laboratorio.

3.2 Sondeo del dispositivo por medio de pruebas de escritura y lectura

Precision (s.f.) también da indicaciones en el manual de usuario para realizar la programación de las cargas electrónicas por medio software, en donde es necesario utilizar comandos que se deben enviar a la carga (usando comunicación serial), cuya estructura tanto de lectura como de escritura es un paquete de 26 bytes en hexadecimal, que se implementan como se puede ver en la Tabla 1, en donde en el byte 0 se envía 0xAA, en el byte 1 se envía la dirección para la cual se usa 0x00, el byte 2 es el byte de comando, en el caso de los comandos de mando el byte 3 corresponde al byte del estado que se desea usar, y los bytes 4 al 24 se manda 0x00, en el caso de los comandos de escritura o lectura de valores (donde se quieren enviar o recibir valores numéricos), se usan algunos de los bytes entre 4 y el 24 usando formato Little-endian por la forma en cómo el fabricante ordenó los datos, finalmente, en el byte 26 se realiza la suma de verificación, es decir la suma aritmética de todos los bytes (0 al 24) en módulo 26. (*Precision*, Manual de usuario, s.f.).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1

Estructura del paquete de 26 bytes para realizar una programación por medio de comunicación serial con la carga electrónica.

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3 al 24	byte 25
0xAA	Dirección	Comando	Datos de comando	Suma de verificación

Con esta información, y con repositorios proporcionados también por la marca en donde se encuentran algunos ejemplos para enviar un paquete de datos a la carga y recibir una respuesta, con éstos se procede a realizar pruebas mediante la programación para hacer envío de paquetes de bytes de escritura por medio de comunicación serial, por ejemplo, cambiando el modo de operación y leyendo el mismo desde la programación con Python y verificando que la información sea correcta en el panel frontal.

3.3 Diseño y programación de la interfaz gráfica de usuario

Una vez se hace verificación realizando las pruebas anteriormente descritas, se empiezan a programar más funciones de la carga electrónica en Python implementando la interfaz gráfica con el *framework* *Qt Designer*, para la cual se seleccionan los elementos de interacción adecuados para el control seguro de la carga. Se realiza verificación en cada paso del proceso.

3.4 Validación de la interfaz gráfica de usuario

Se propone un control en regresión de parámetros para evaluar que cada uno de éstos se mida de forma correcta. Siendo así, lo ideal para este caso específico es enviar un paquete de bytes para la lectura y otro de escritura y teniendo esto hecho, se puede evaluar el correcto funcionamiento y programación de la carga electrónica. Así mismo, para el próximo algoritmo se propone su implementación y evaluación al igual que la del algoritmo anterior, teniendo así un registro tipo *checkpoint* donde se asegure la homogeneidad de los procesos implementados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.5 Redacción de manual de operación de la interfaz gráfica

Se realiza un manual o guía para el usuario que le ayude a entender cómo se debe hacer uso de la interfaz gráfica y cómo se realiza la comunicación serial (cómo conectar los cables, cómo saber el puerto COM y cómo saber qué *baudrate* usar). Además, se crea un archivo ejecutable para la comodidad en el uso de la interfaz, de manera que cualquiera que desee usarla solo necesita tener el archivo ejecutable sin necesidad de tener instalado un IDE para Python y las librerías usadas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para entender el funcionamiento de la carga electrónica se realizaron pruebas como diferentes configuraciones por medio de comunicación serial implementada con lenguaje Python. En cada prueba se verificaba la correcta programación de la carga electrónica desde el panel frontal y se comprobaba que los valores de voltaje, corriente, potencia y capacidad de batería fueran acordes a lo esperado según la programación.

En la Figura 2 y la Figura 3 se muestra el espacio de trabajo con un computador, fuente de alimentación DC y la carga electrónica respectivamente, la única diferencia es que en la última figura se puede observar adicionalmente un osciloscopio.



Figura 2. Espacio de trabajo en el laboratorio – Computador, fuente de alimentación DC y carga electrónica de la serie BK Precision 8502.



Figura 3. Espacio de trabajo en el laboratorio – Computador, fuente de alimentación DC, carga electrónica de la serie BK Precision 8502 y osciloscopio.

Para realizar la programación de la carga desde Python se recurre al manual de usuario en donde están descritos los comandos que se deben usar para interrogar o darle órdenes a la carga. Lo primero que se debe hacer es configurar la comunicación serial indicando en qué puerto COM está conectada la carga (se debe verificar desde el administrador de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

dispositivos) y las tasas de muestreo - *baudrate* (se debe verificar en la carga electrónica utilizando el panel frontal) (ver Figura 4).

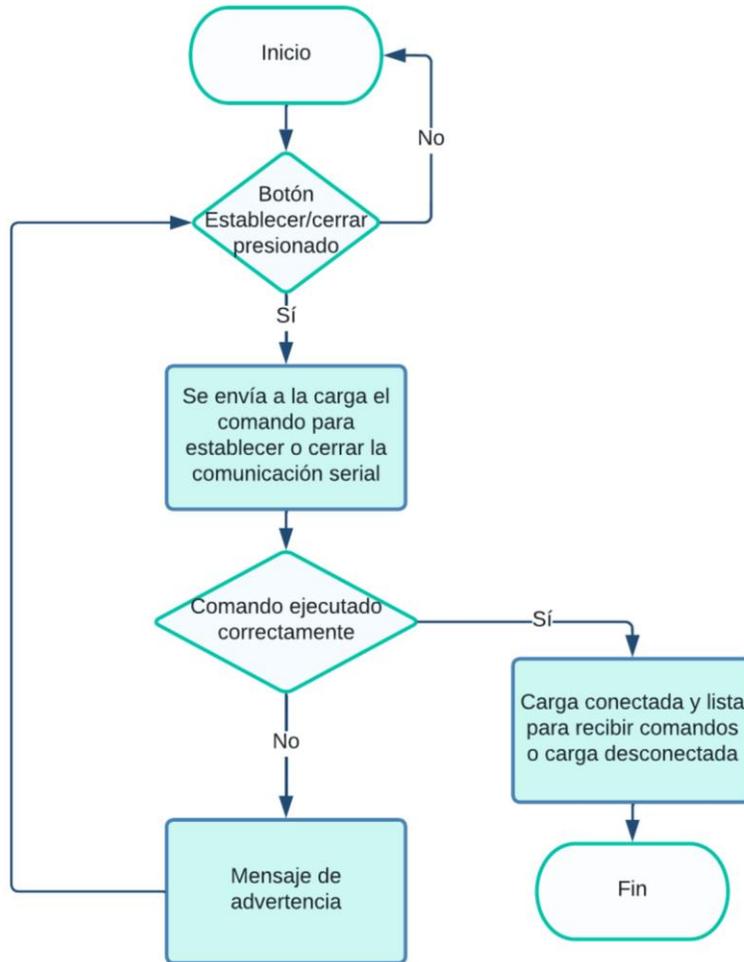


Figura 4. Diagrama de flujo para establecer y cerrar la comunicación serial.

Al establecer la comunicación serial se pone la carga en modo control remoto para poder realizar el control de la carga desde la interfaz gráfica, en la Figura 6 se puede ver la palabra Rmt en la pantalla de la carga indicando que se encuentra en control remoto, para esto se debe enviar el paquete con la estructura correspondiente como se muestra en la Tabla 1, el diagrama de flujo del control remoto se puede ver en la Figura 5.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

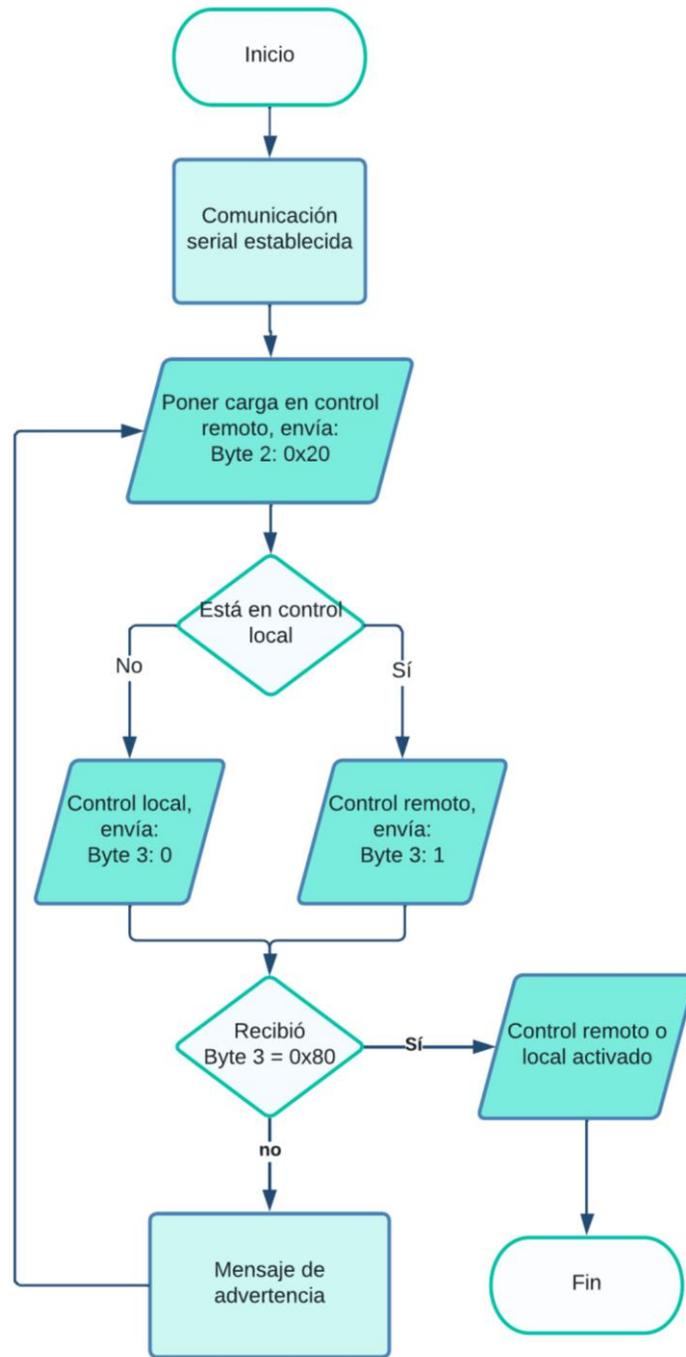


Figura 5. Diagrama de flujo para poner la carga en control local o control remoto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

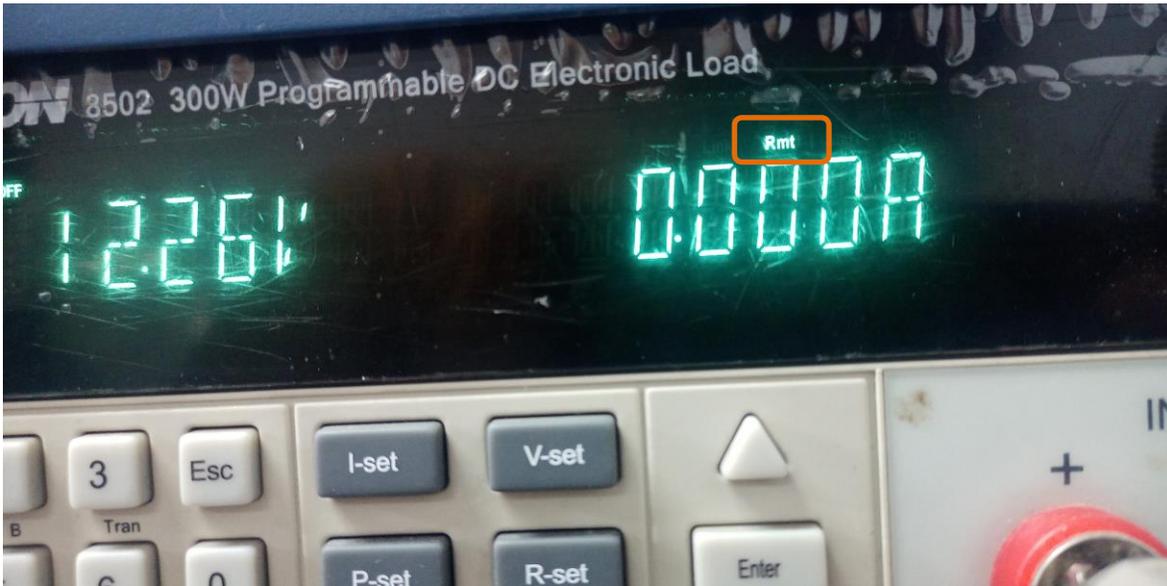


Figura 6. Control remoto establecido visto desde la pantalla de la carga electrónica.

En la Figura 5 se puede observar que en el byte 3 se recibe 0x80 por parte de la carga, esto significa que cuando se envía un paquete de bytes de mando o de escritura a la carga, responderá con un paquete de estado como se muestra en la Figura 7 en donde en el byte 2 se recibe 0x12 (comando para devolver datos), y el byte 3 corresponde al byte de estado y el valor 0x80 significa que el comando fue exitoso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

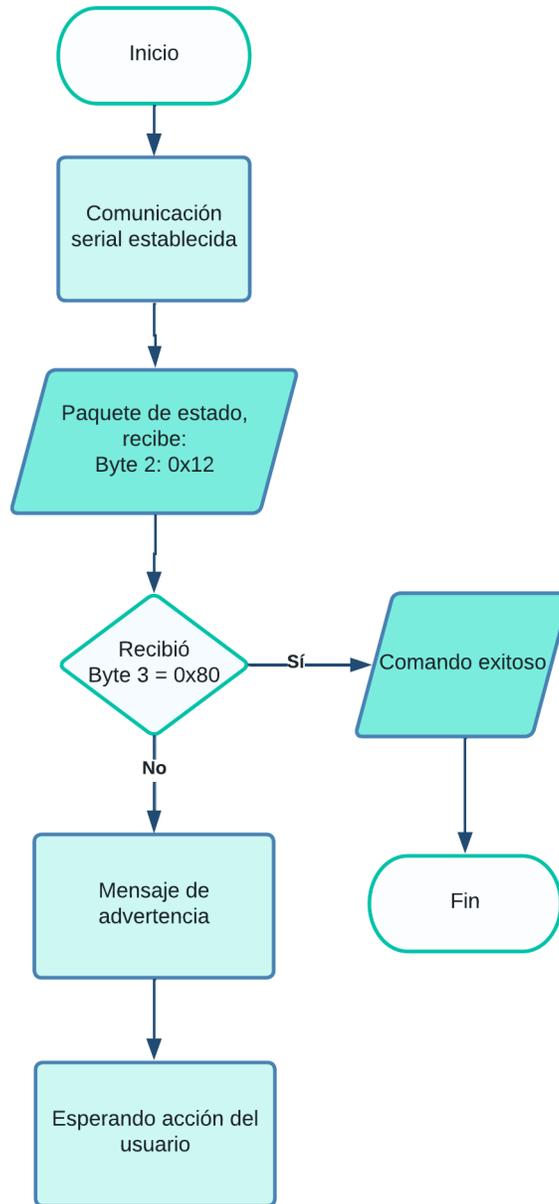


Figura 7. Paquete de estado devuelto por la carga electrónica.

Al conectarse, también se pone en el modo de operación fijo (ver Figura 8), en la Figura 9 se muestra cómo se puede cambiar de la función de operación, además, se lee la función de operación (ver Figura 10) para que se pueda visualizar en la interfaz gráfica como se muestra en la Figura 9; se lee el modo de operación en que está la carga (ver Figura 11); se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

leen los valores máximos permitidos de voltaje, corriente y potencia (ver Figura 12); se leen los valores de voltaje, corriente, potencia y resistencia establecidos según el modo de operación (ver Figura 13); y finalmente, se lee la información del producto para saber el modelo de la carga y sus rangos de potencia, voltaje y corriente (ver Figura 14).

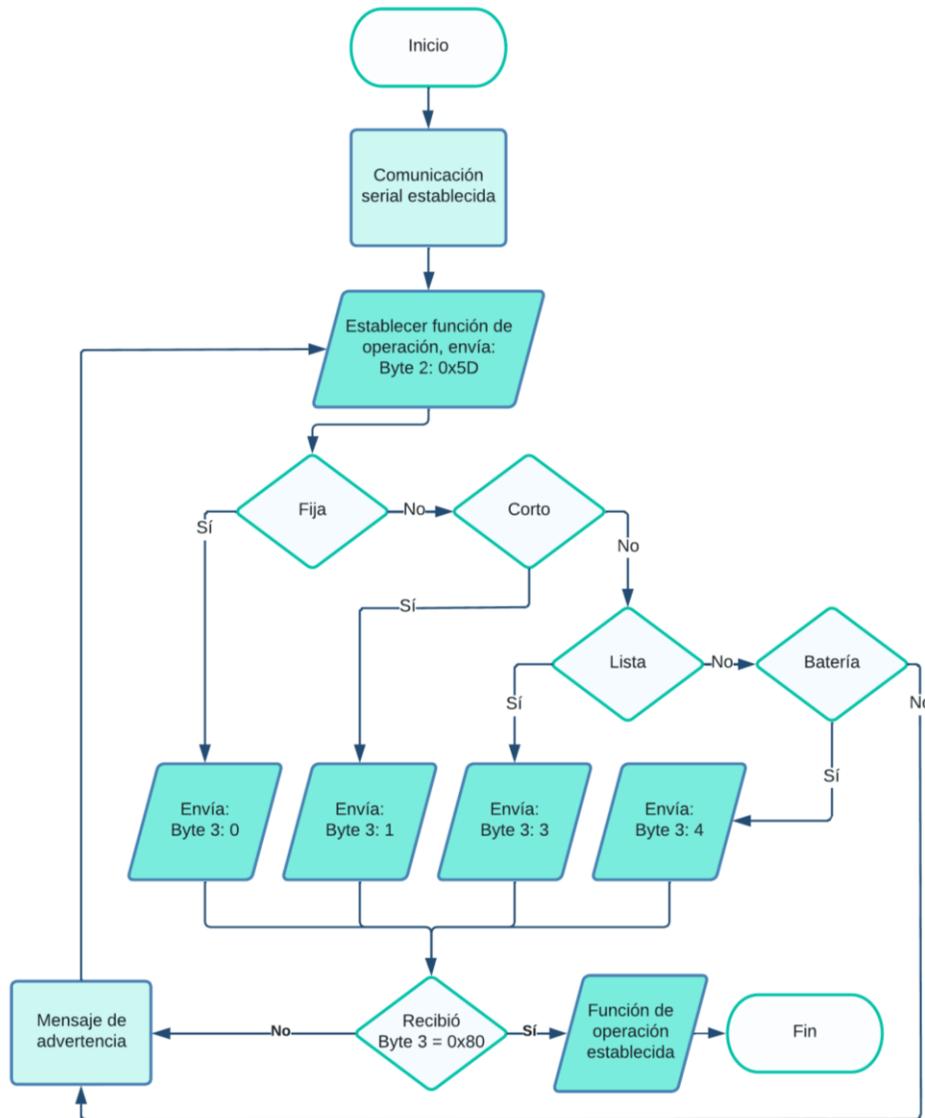
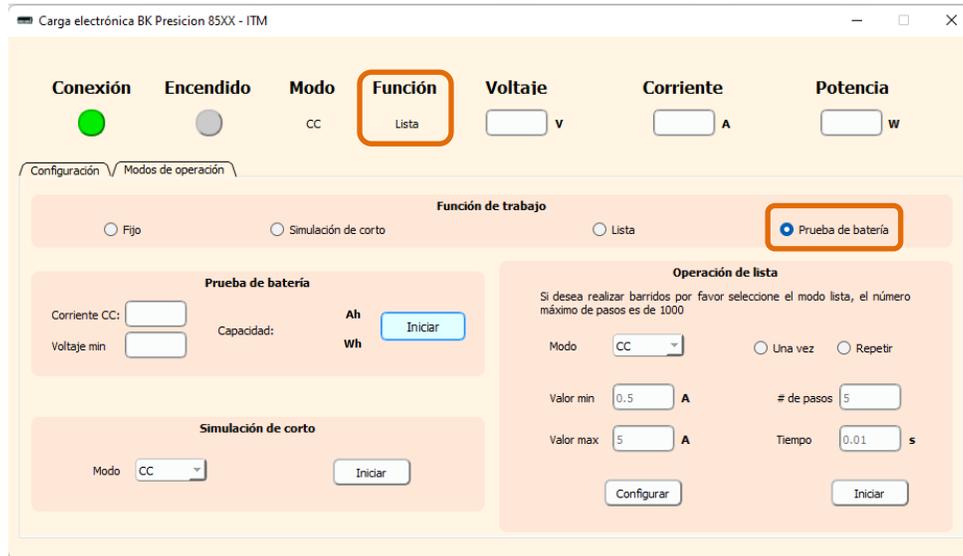


Figura 8. Diagrama de flujo para establecer la función de operación de la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



The screenshot shows the software interface for the BK Precision 85XX electronic load. At the top, there are status indicators for 'Conexión' (green), 'Encendido' (grey), 'Modo' (CC), and 'Función' (Lista). Below these are input fields for 'Voltaje' (V), 'Corriente' (A), and 'Potencia' (W). The main control area is divided into 'Configuración' and 'Modos de operación'. Under 'Función de trabajo', three options are available: 'Fijo', 'Simulación de corto', and 'Prueba de batería' (which is selected). The 'Prueba de batería' section includes fields for 'Corriente CC', 'Voltaje min', 'Capacidad' (Ah/Wh), and an 'Iniciar' button. The 'Operación de lista' section includes a dropdown for 'Modo' (set to CC), radio buttons for 'Una vez' and 'Repetir', and input fields for 'Valor min' (0.5 A), 'Valor max' (5 A), '# de pasos' (5), and 'Tiempo' (0.01 s). 'Configurar' and 'Iniciar' buttons are also present in this section.

Figura 9. Establecer y leer la función de operación desde la interfaz gráfica (Para este caso está en función de lista y se va a cambiar para la función de prueba de batería).

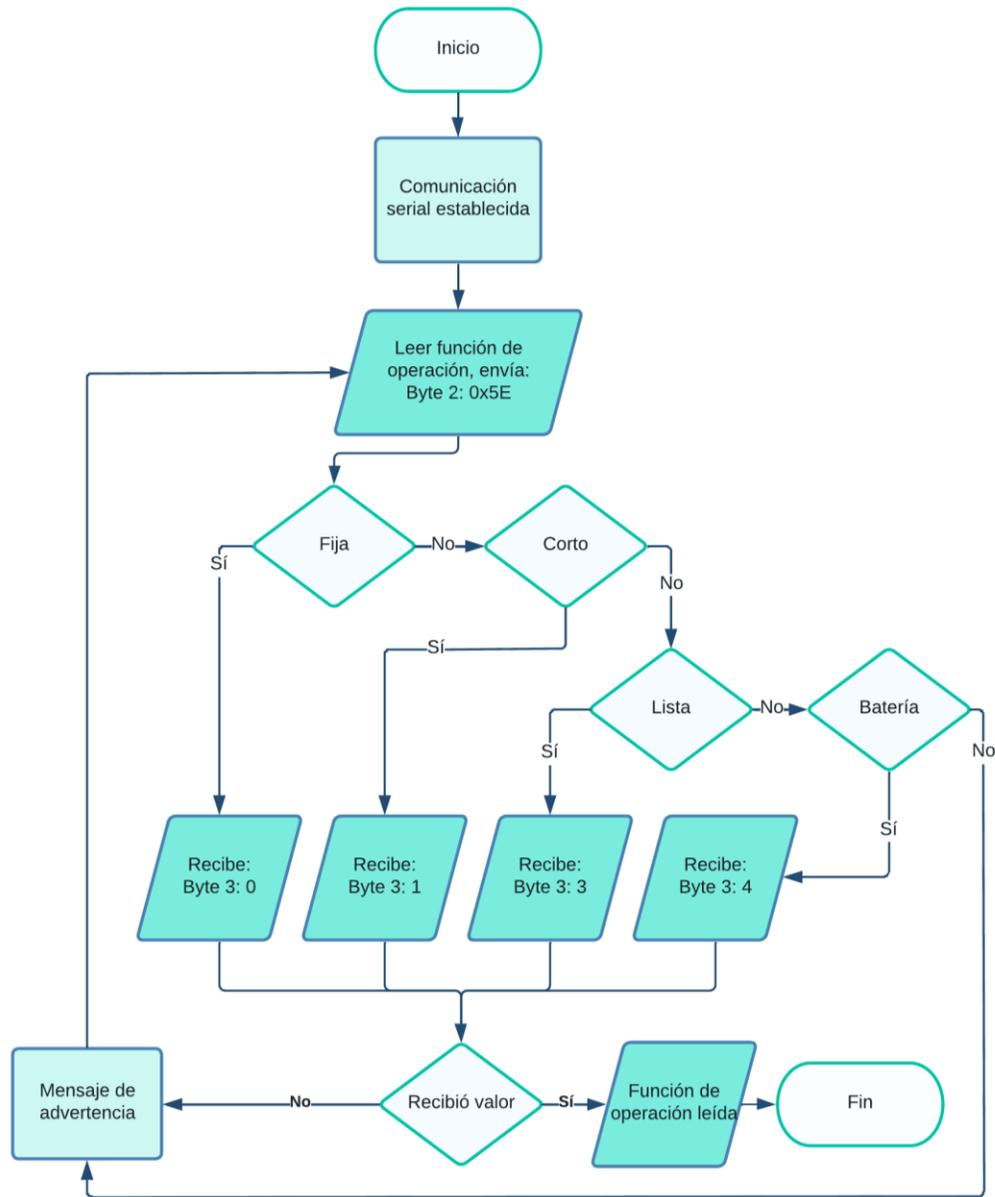


Figura 10. Diagrama de flujo para leer la función de operación de la carga.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

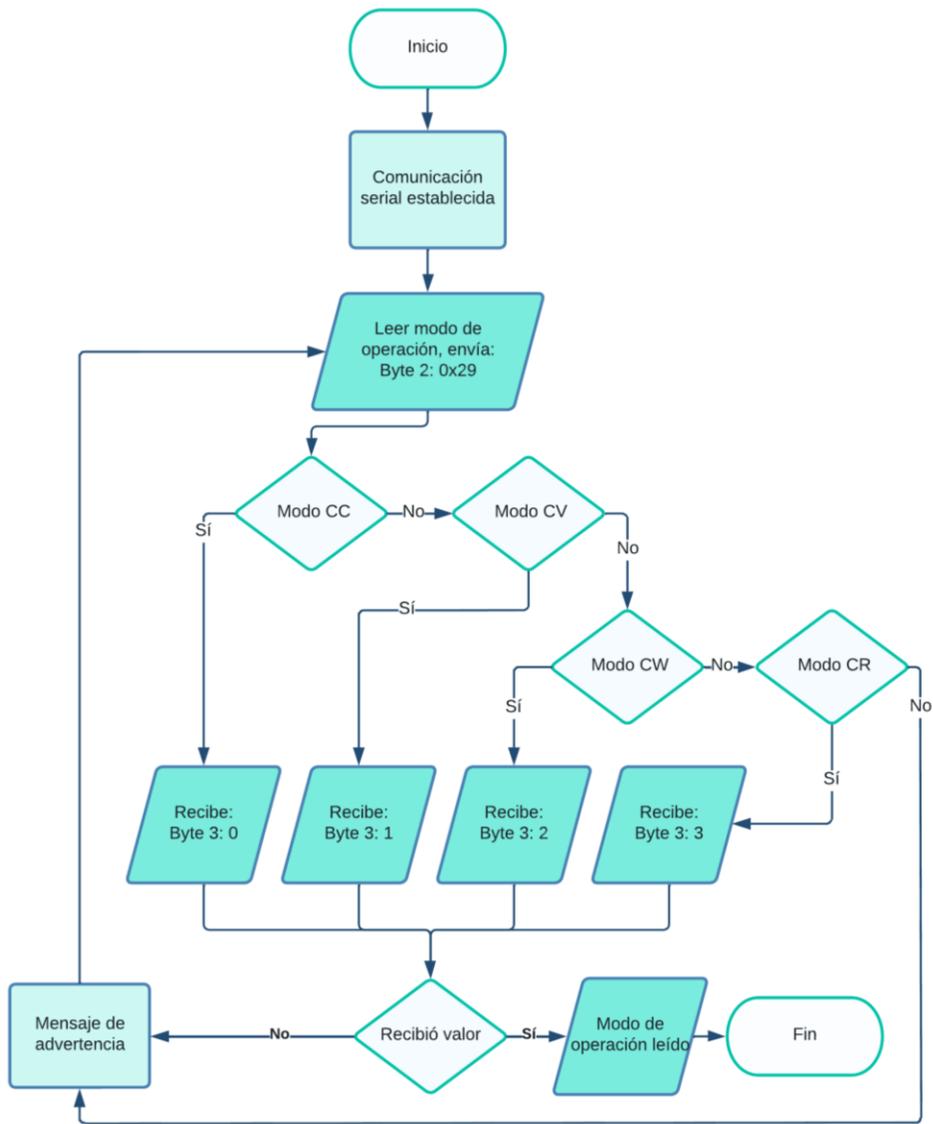


Figura 11. Diagrama de flujo para leer el modo de operación de la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

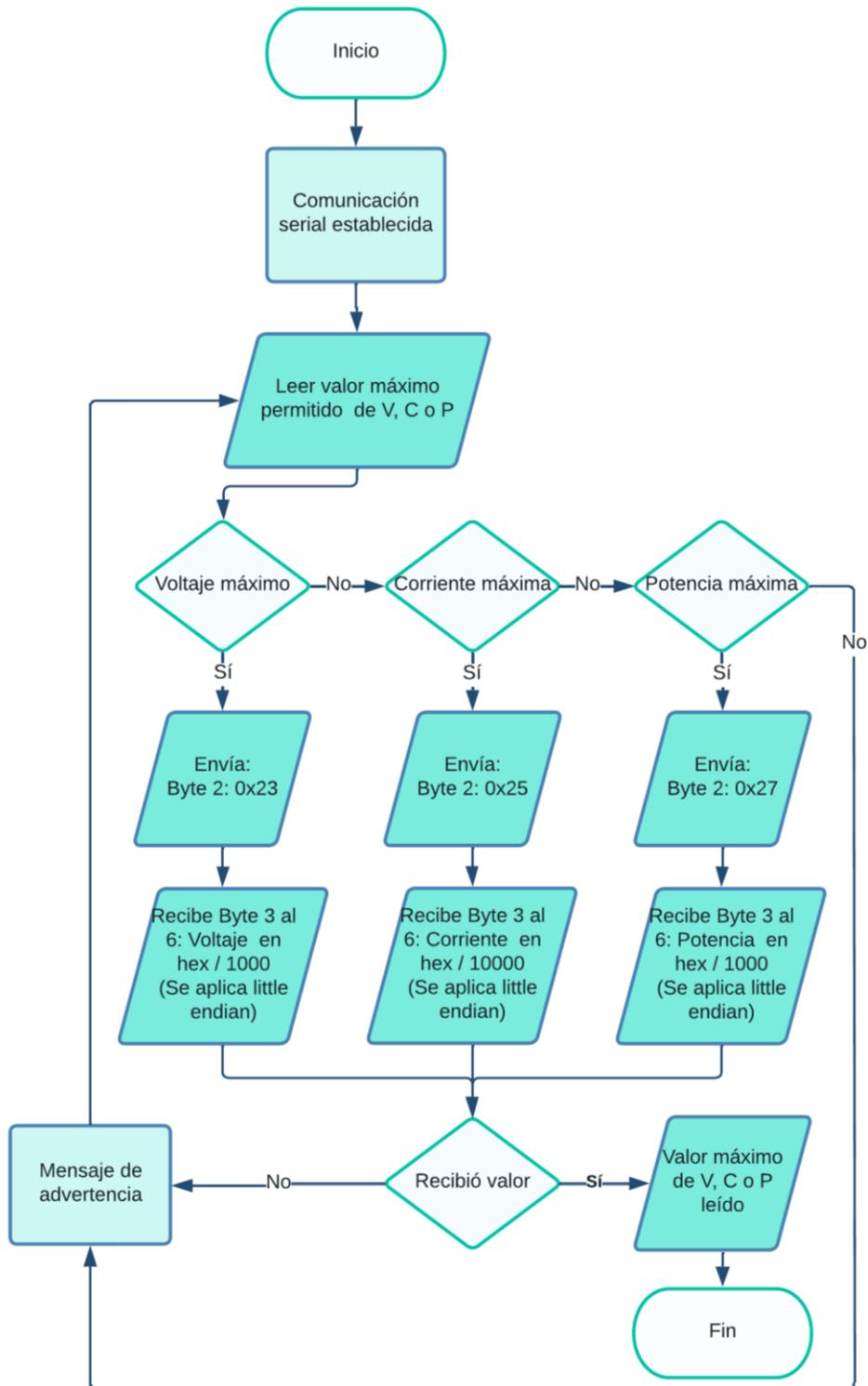


Figura 12. Diagrama de flujo para leer los valores máximos de voltaje, corriente y potencia establecidos en la carga.

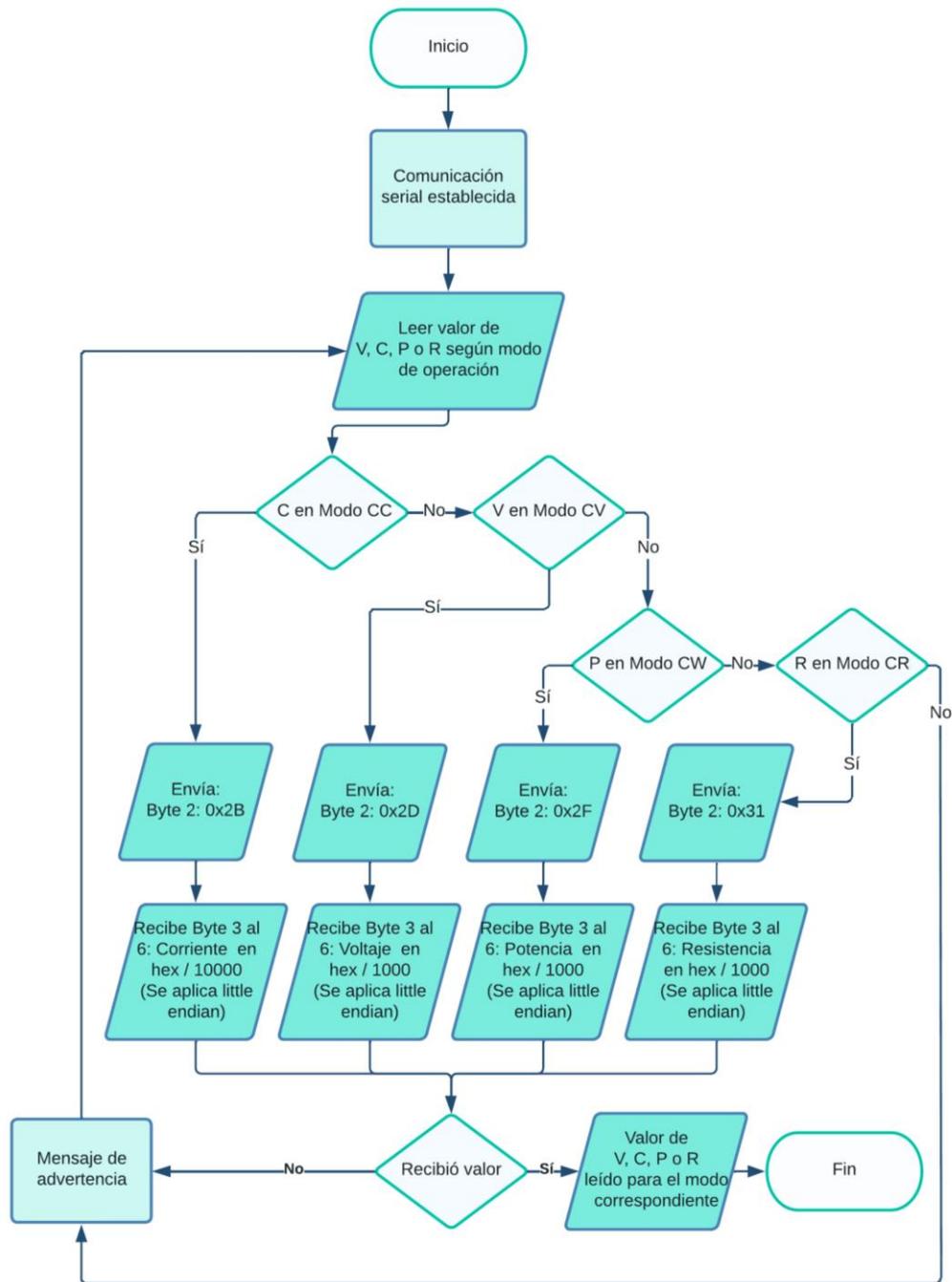


Figura 13. Diagrama de flujo para leer los valores de voltaje, corriente, potencia y resistencia según el modo de operación de la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

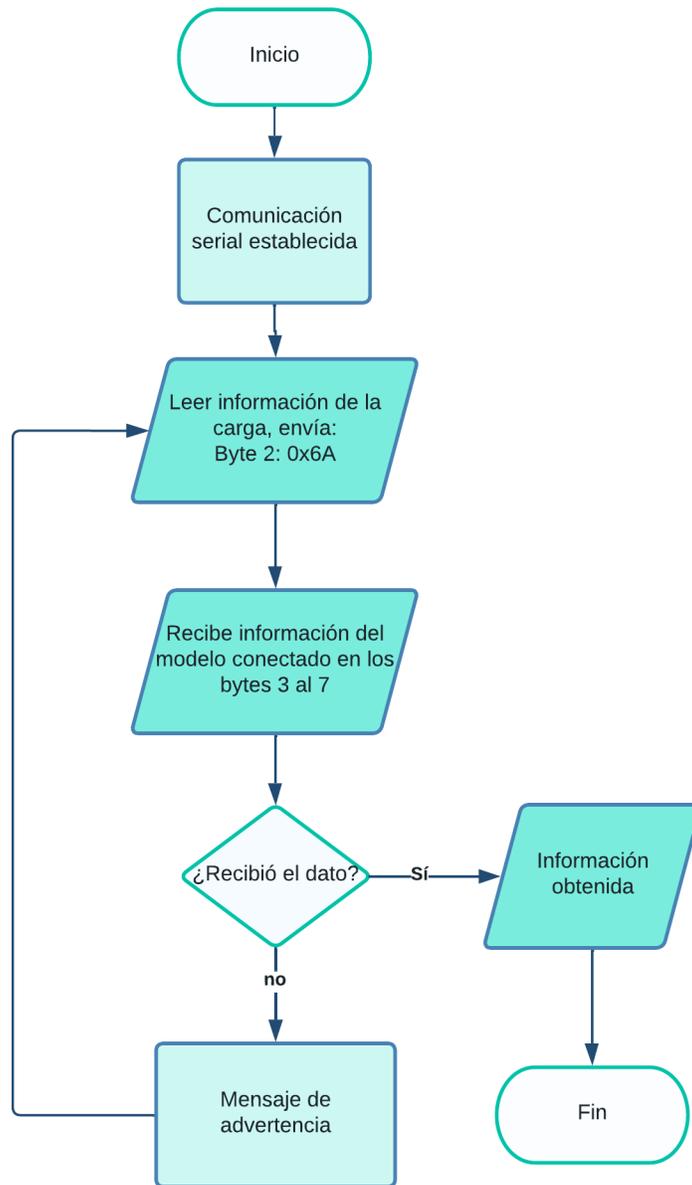


Figura 14. Diagrama de flujo para leer la información de la carga (modelo) de la carga.

Una vez la carga se encuentra conectada se puede empezar a programar según el uso que se le dará, se puede cambiar su modo de operación (ver Figura 15) que desde la interfaz gráfica se hace cómo se muestra en la Figura 16, se puede establecer el valor de corriente, voltaje, potencia o resistencia según el modo de operación en que se encuentre (ver Figura 17), se pueden establecer valores máximos de voltaje, corriente y/o potencia (ver

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 18), se puede cambiar la función de trabajo (ver Figura 8) y se puede encender para que empiece a tomar datos del dispositivo que se tenga conectado (ver Figura 19).

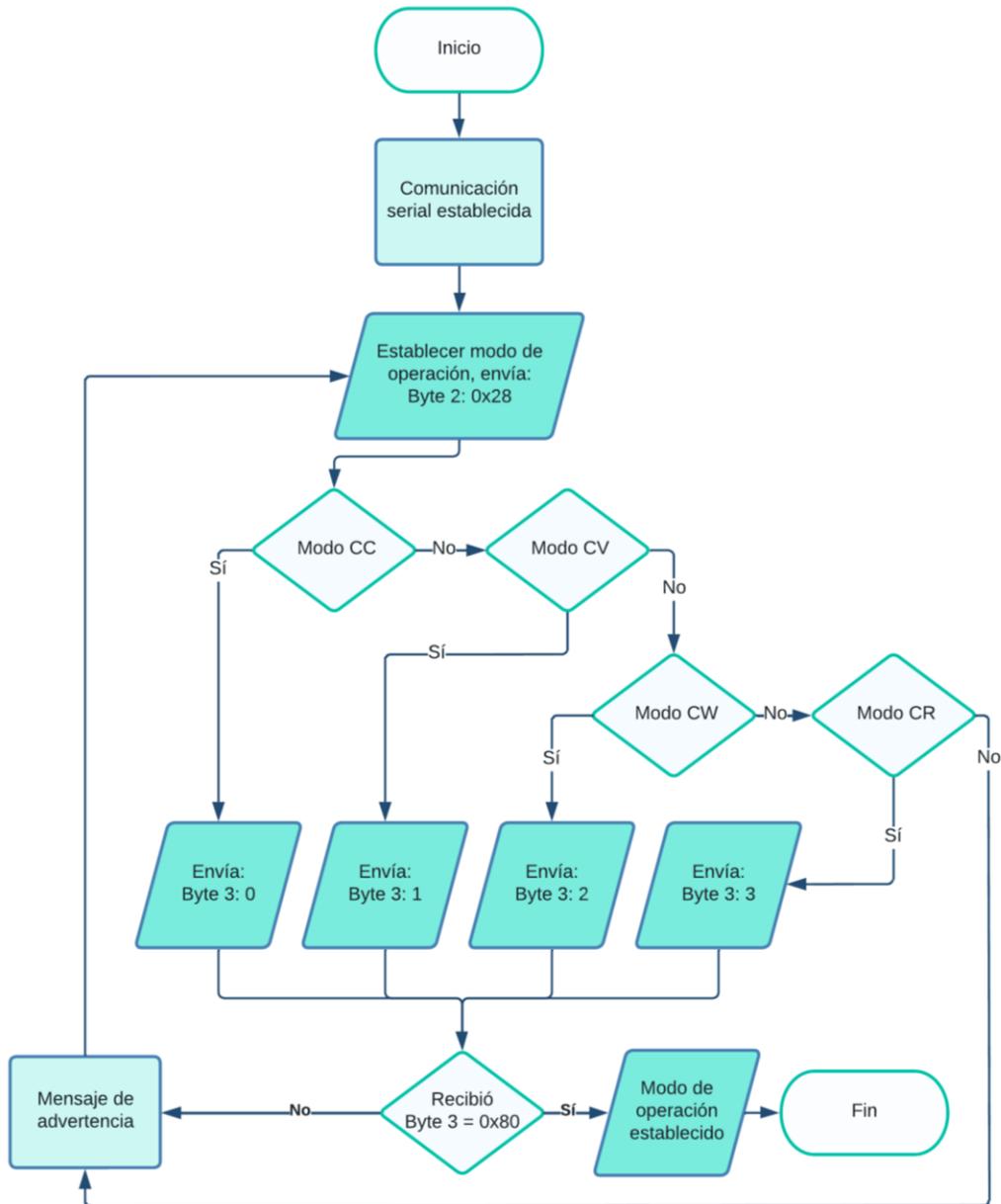


Figura 15. Diagrama de flujo para establecer el modo de operación de la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Carga electrónica BK Presicion 85XX - ITM

Conexión **Encendido** **Modo** CW **Función** Fijo **Voltaje** V **Corriente** A **Potencia** W

Configuración | Modos de operación

Comunicación serial

Puerto: COM8 Baudrate: 38400

Configuración del instrumento

Límite de voltaje: 200.0 V Límite de corriente: 5.0 A
 Límite de potencia: 60.0 W

Información de la carga electrónica

Modelo	Rangos máximos absolutos
8502	300W, 500V, 15A

Encender/Apagar carga electrónica

Modo de operación

Por favor seleccione el modo de operación con el que desea trabajar

CC CV CW CR

Valor según modo de operación

Voltaje CV: 200.0 V Corriente CC: 0.0 A
 Potencia CW: 0.0 W Resistencia CR: 4000.0 Ω

Figura 16. Establecer y leer modo de operación desde la interfaz gráfica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

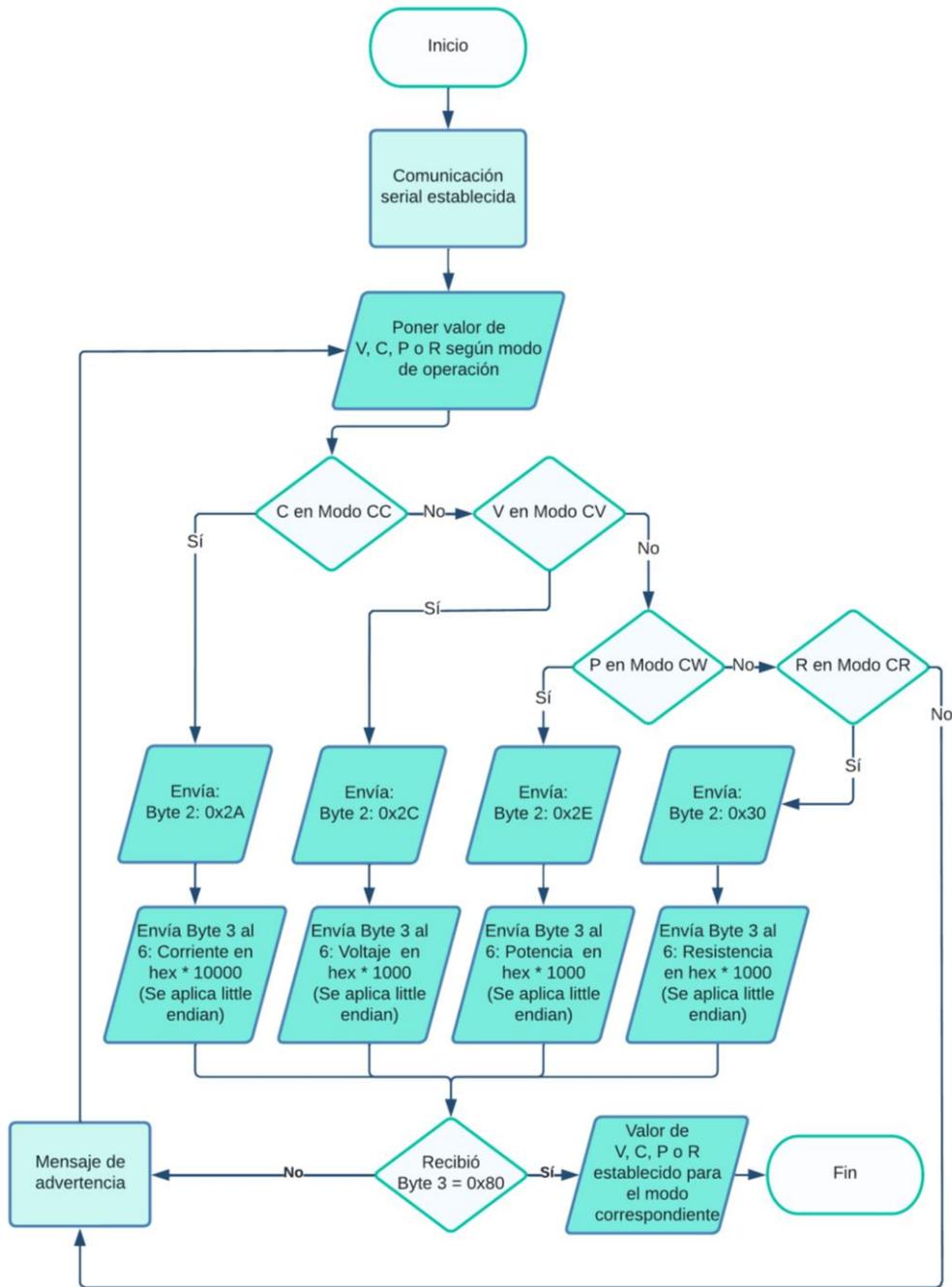


Figura 17. Diagrama de flujo para establecer los valores de voltaje, corriente, potencia y resistencia según el modo de operación de la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

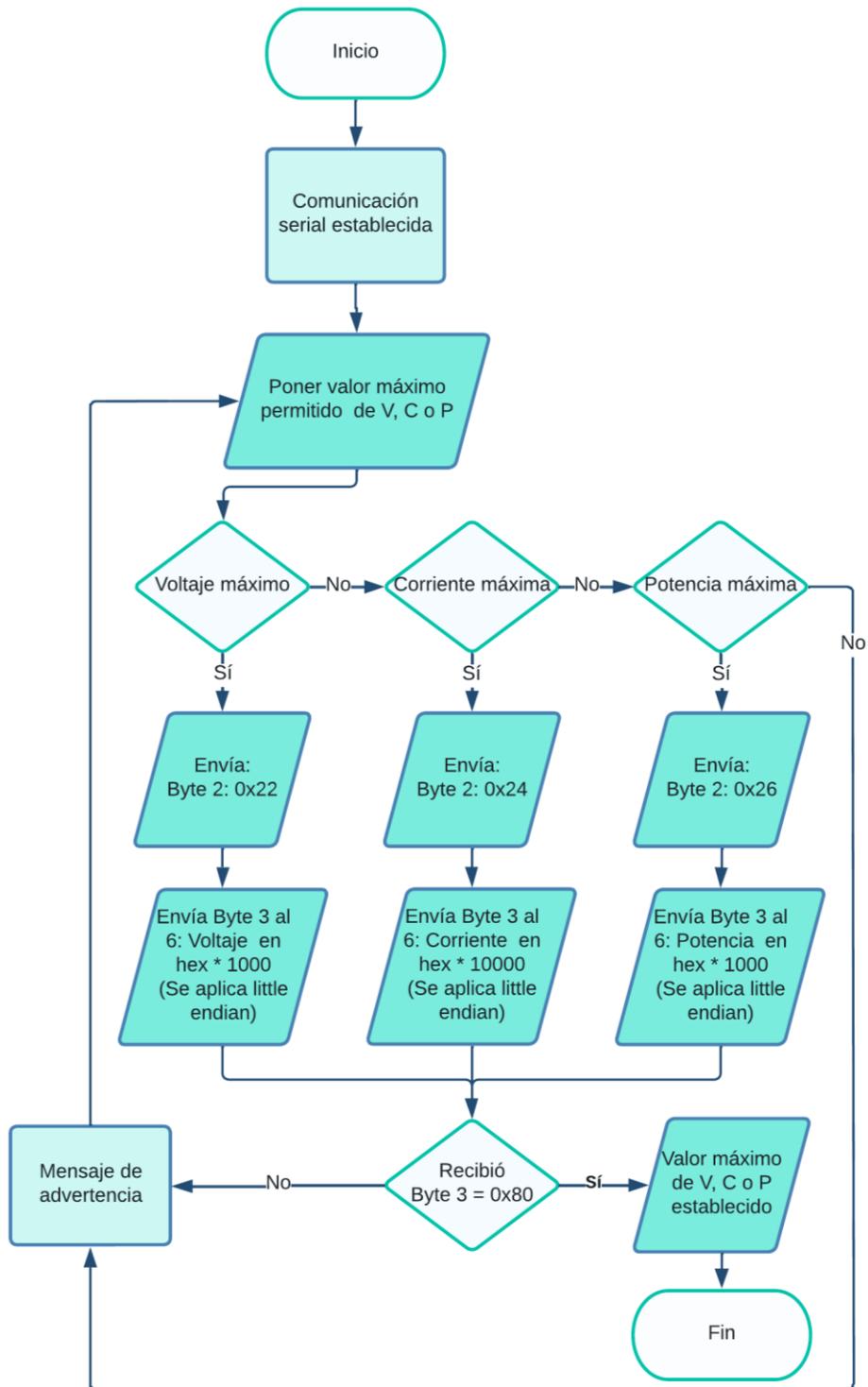


Figura 18. Diagrama de flujo para establecer los valores máximos de voltaje, corriente y potencia en la carga.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

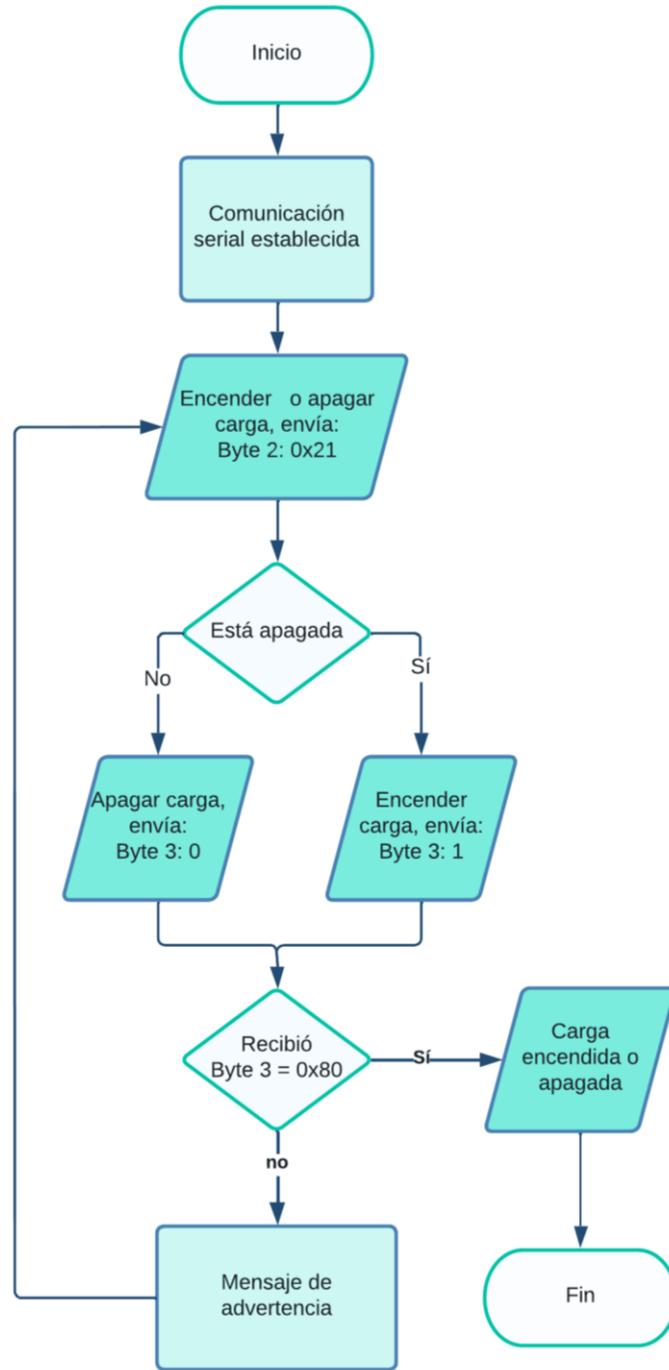


Figura 19. Diagrama de flujo para encender o apagar la carga.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Una vez la carga está encendida se deben leer los valores de voltaje, corriente y potencia de entrada (ver Figura 20), es decir, los valores que la carga esté leyendo del dispositivo conectado; En la Figura 21, Figura 22 y Figura 23 se puede observar los valores leídos en la interfaz y en la carga electrónica en el laboratorio (Para el modo de CC). En caso de que esté configurada en la función de batería, al encender se mostrará el valor de la capacidad en Ah y en Wh previamente calculada por medio de sumas sucesivas temporizadas, aproximando una integral.

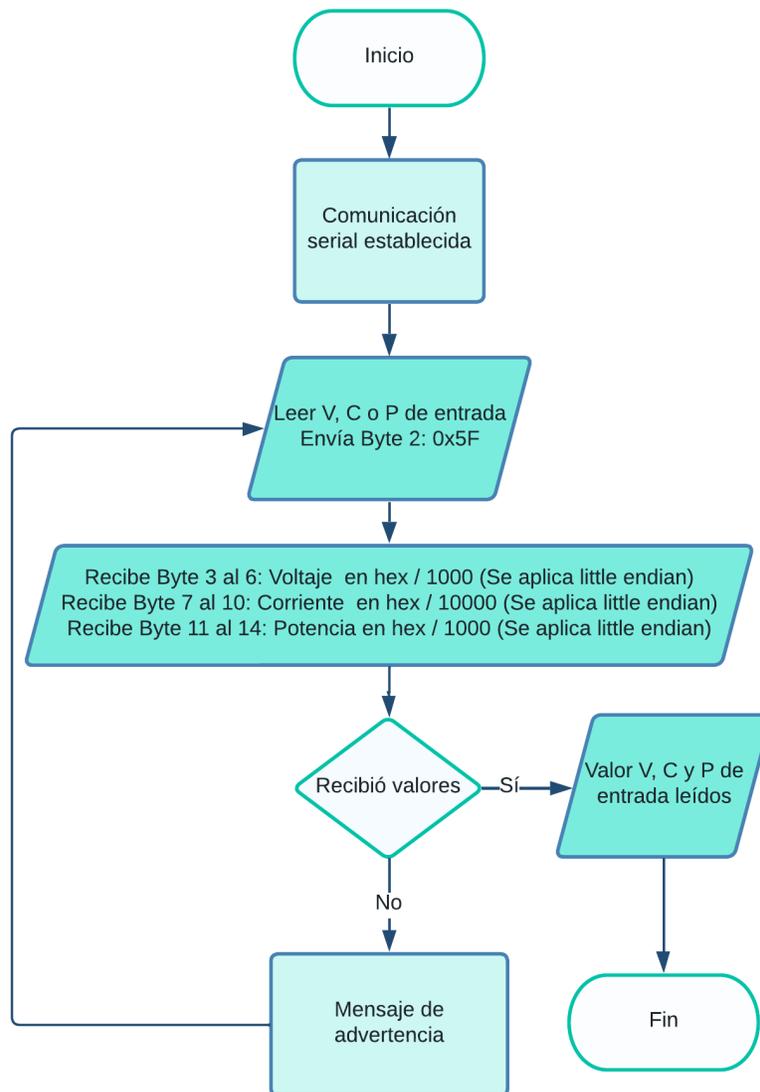


Figura 20. Diagrama de flujo para leer los valores de voltaje, corriente y potencia de entrada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

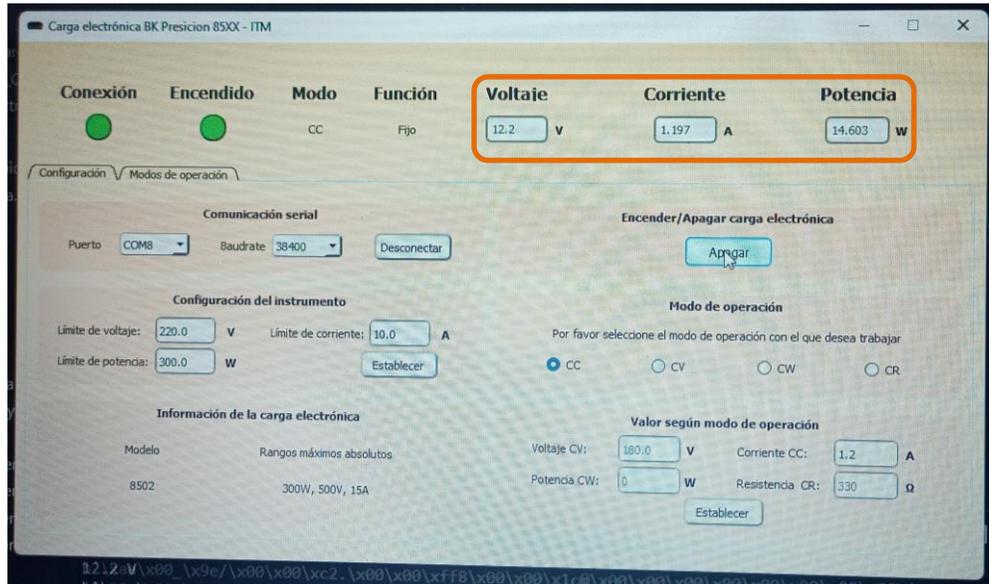


Figura 21. Valores de voltaje, corriente y potencia en modo CC mostrados en la interfaz gráfica.



Figura 22. Valores de voltaje y corriente mostrados en la carga electrónica



Figura 23. Valores de potencia y corriente mostrados en la carga electrónica.

Si la función prueba de batería está activa (con la carga apagada) se debe trabajar en el modo de operación CC y se establece un valor de corriente (ver Figura 17) y un valor de voltaje mínimo (ver Figura 24); una vez se establecen estos valores se enciende la carga para iniciar la prueba y calcular la capacidad en la batería. Cuando se para la prueba de batería se vuelve a llamar la función de poner la carga en función de batería (ver Figura 8) y se apaga la carga (ver Figura 19).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

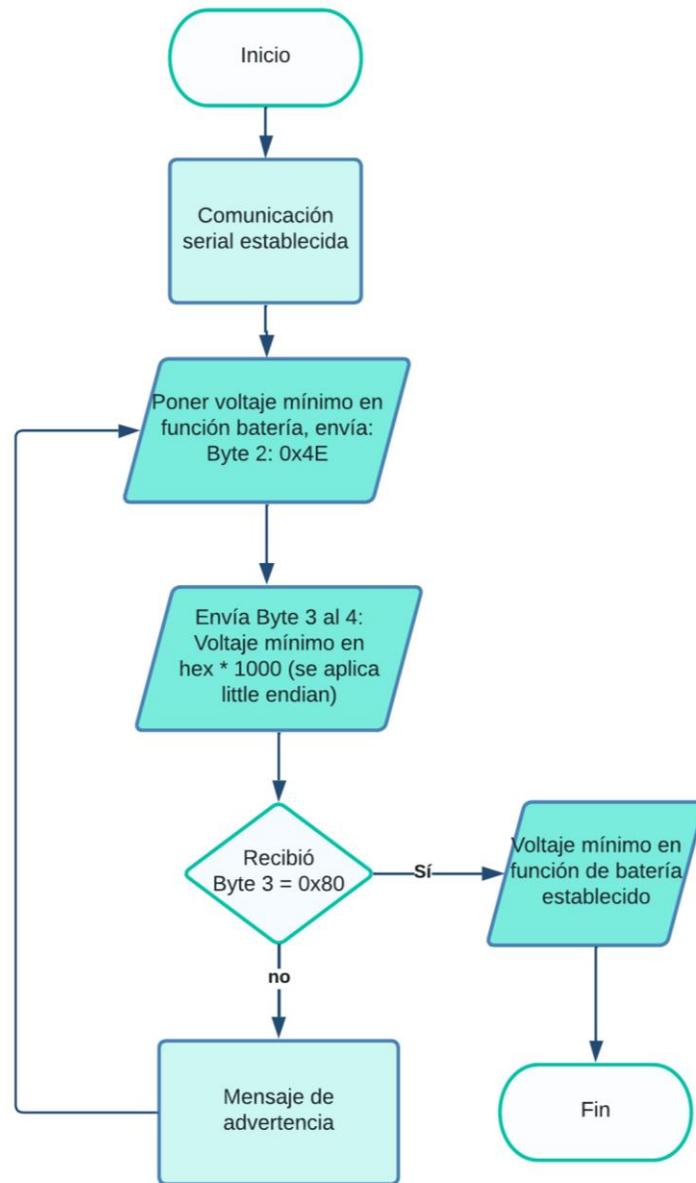


Figura 24. Diagrama de flujo para establecer el valor mínimo de voltaje en la función de batería.

Si se quiere trabajar con la función de corto, se selecciona el modo de operación de la carga (ver Figura 15), se activa la función de corto (ver Figura 8) y se enciende la carga (ver Figura 19). Cuando se para la prueba de corto se debe volver a llamar la función de corto (ver Figura 8) y se apaga la carga (ver Figura 19).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Si se quiere trabajar con la función de lista se debe hacer la configuración inicial: se realiza una partición en la memoria en donde se va a almacenar la información para cada paso de la lista (ver Figura 25), se debe elegir si se quiere hacer una vez o repetir (ver Figura 26), se debe seleccionar el modo de operación de la función lista (CC, CV, CW o CR) (ver Figura 27) en la Figura 28 se muestra cómo seleccionar el modo de operación de la función lista desde la interfaz gráfica, se debe indicar la cantidad de pasos (ver Figura 29), además, se debe indicar el tiempo del paso, en conjunto con los valores mínimo y máximo ya sea de voltaje, corriente, potencia o resistencia (según el modo de operación seleccionado), con los valores mínimo y máximo se hace un delta para obtener el valor de cada paso, el cual se envía a la carga como se puede ver en la Figura 30; para finalizar la configuración se debe guardar la lista en la carga electrónica (ver Figura 31); en la Figura 32 se muestra cómo se envía la configuración a la carga electrónica..

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

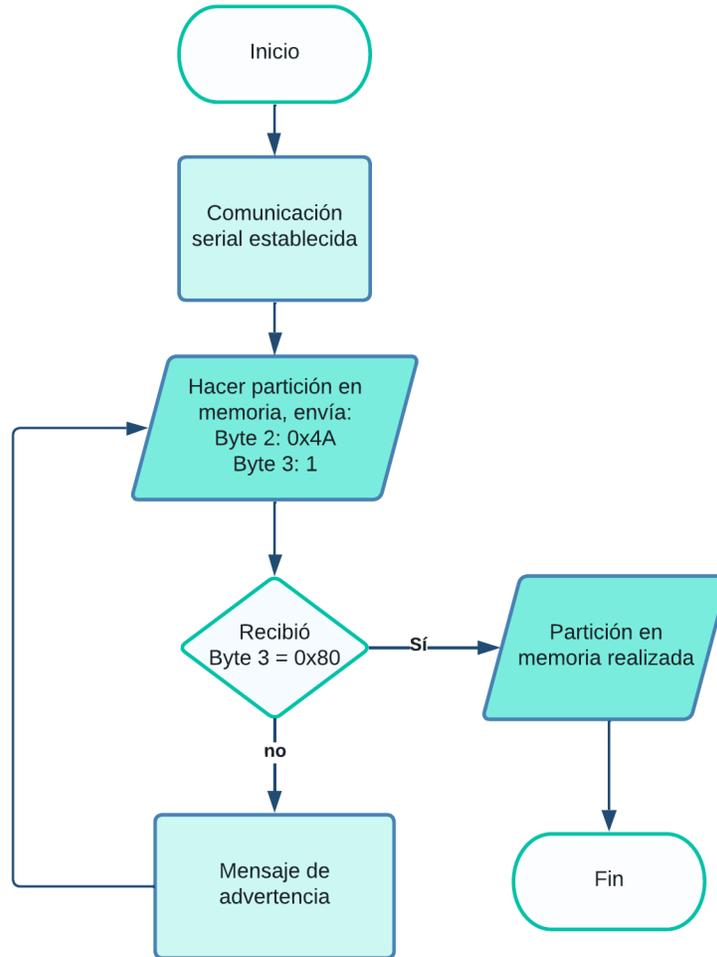


Figura 25. Diagrama de flujo para hacer la partición en memoria de la carga electrónica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

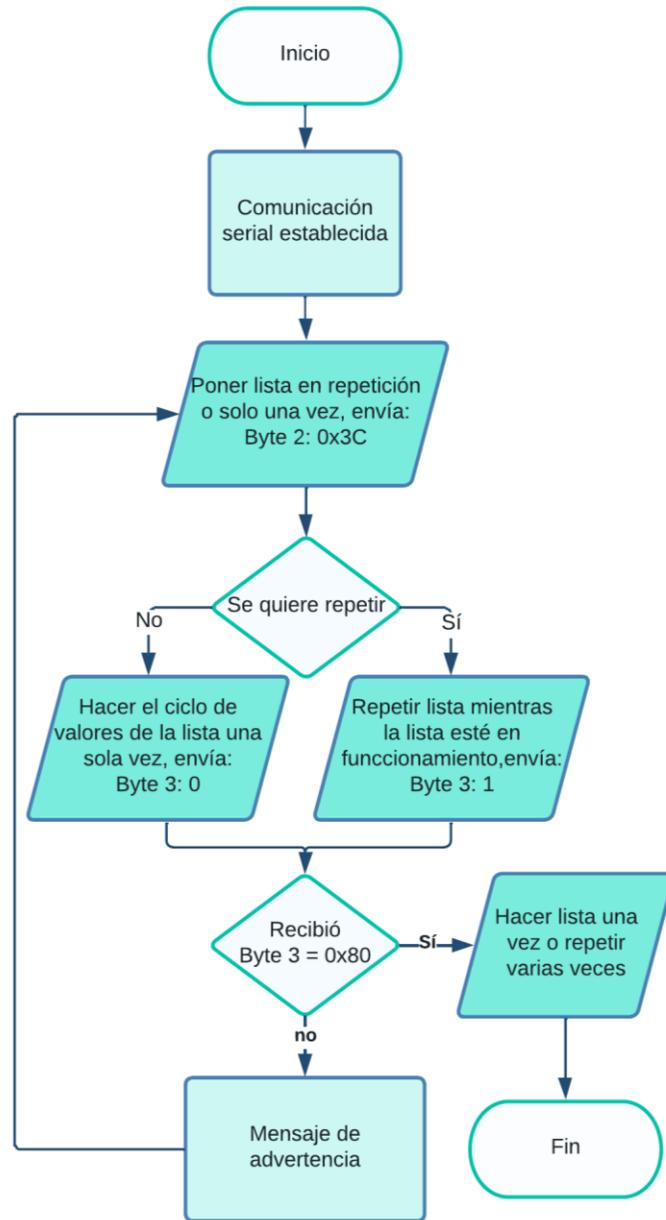


Figura 26. Diagrama de flujo para repetir la lista indefinidamente cuando inicie la lista o hacerla una sola vez al iniciar.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

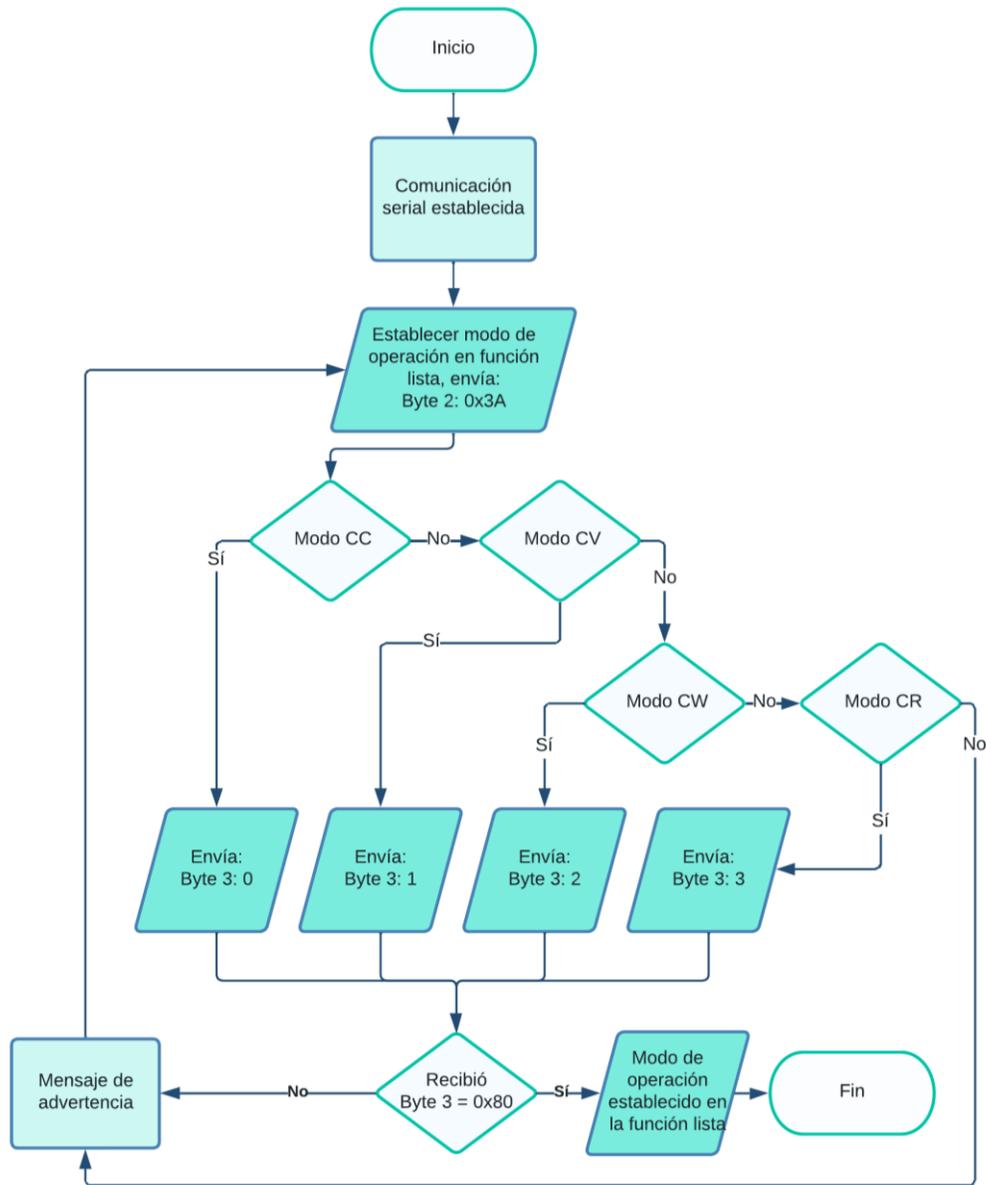


Figura 27. Diagrama de flujo para establecer modo de operación en la función lista.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

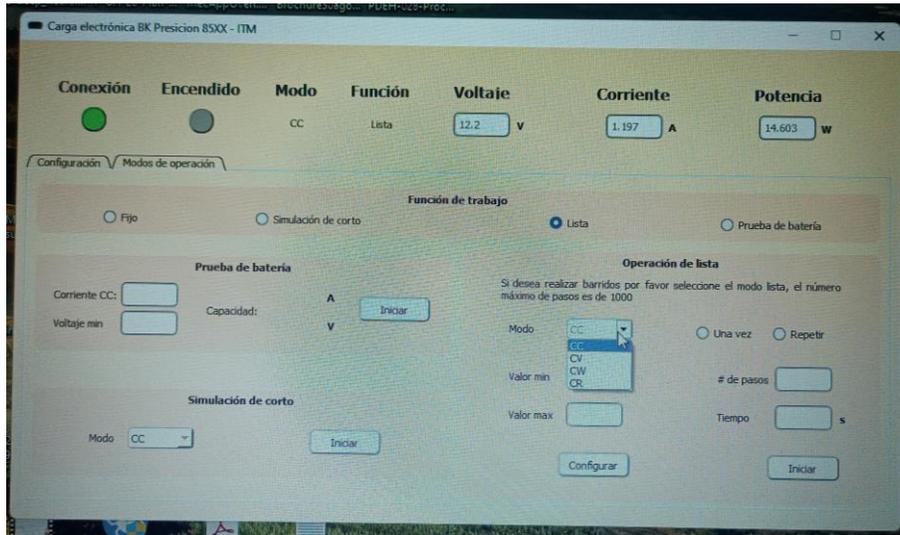


Figura 28. Selección del modo de operación en la función de lista en la interfaz gráfica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

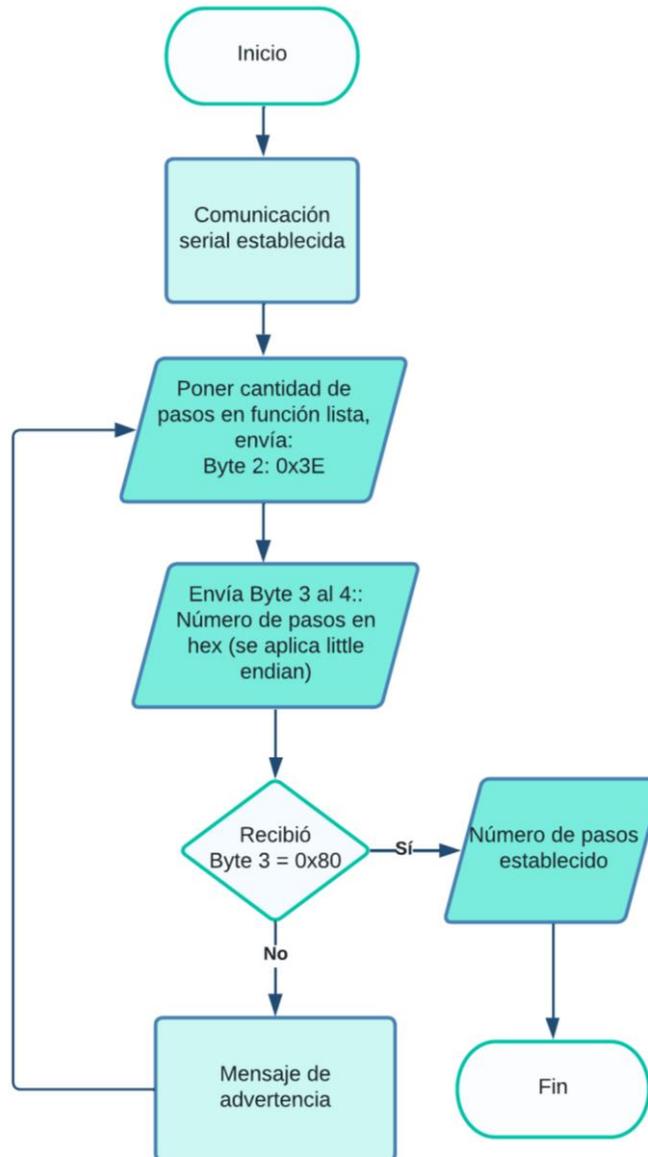


Figura 29. Diagrama de flujo para establecer la cantidad de pasos para la función de lista.

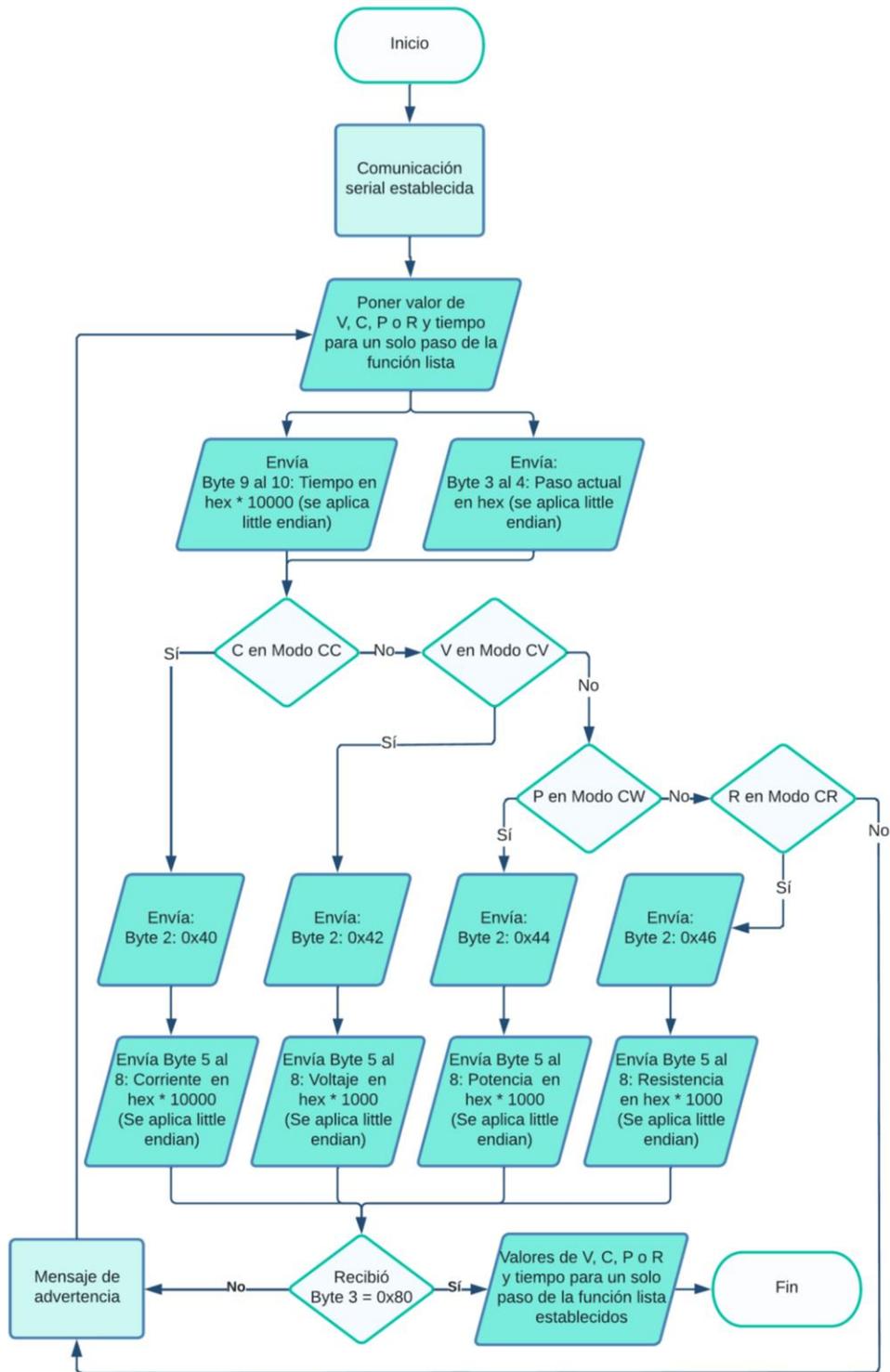


Figura 30. Diagrama de flujo para establecer el tiempo y el valor de V, C, P o R según el modo de operación seleccionado en la función de lista.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

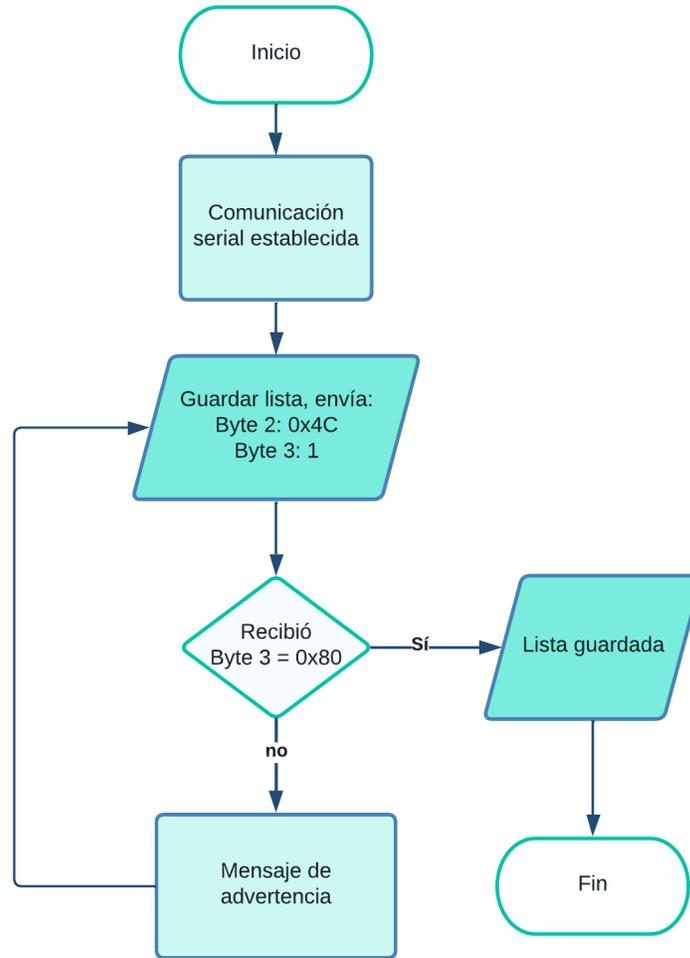


Figura 31. Diagrama de flujo para guardar la lista en la carga electrónica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

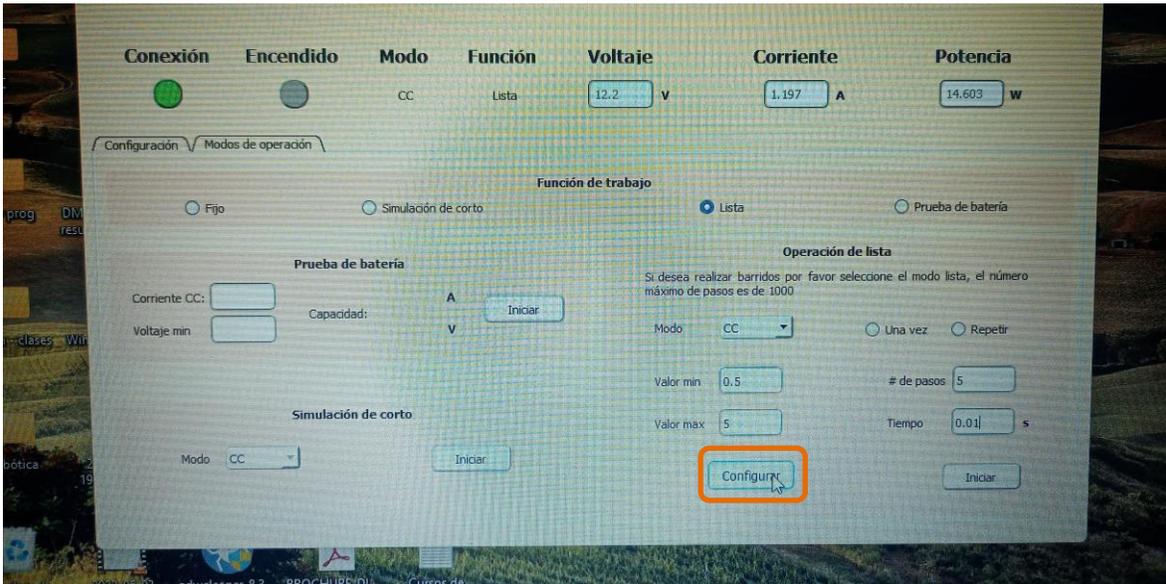


Figura 32. Establecer configuración en la carga electrónica desde la interfaz gráfica.

Una vez se ha realizado la configuración de la lista se puede iniciar un barrido de V, C, P o R en el dispositivo que se tenga conectado, cuando se inicia se debe llamar la lista que estaba previamente guardada como se muestra en la Figura 33, se debe cambiar la fuente de activación del *trigger* para que se pueda controlar desde la programación (ver Figura 34) para luego encender el *trigger* (ver Figura 35) y finalmente encender la carga (ver Figura 19); en la Figura 36 se muestra cómo se inicia el barrido desde la interfaz gráfica, en la Figura 37 se muestra la lista en proceso leyendo los valores de entrada, en la Figura 38 se muestran los valores de entrada leídos desde la carga electrónica y en la Figura 39 se muestra la gráfica resultante en el modo lista vista desde un osciloscopio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

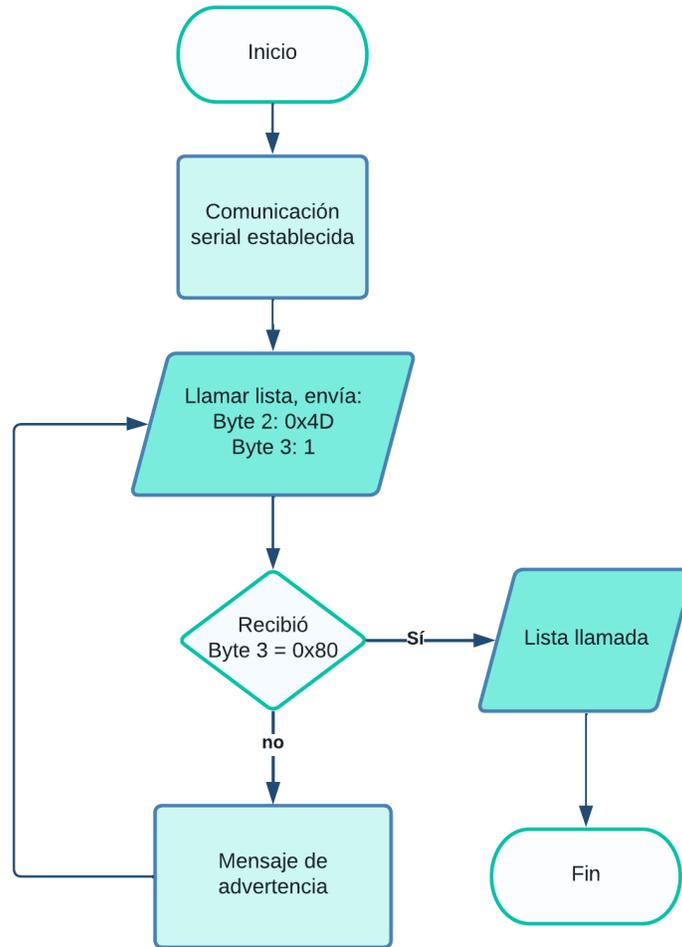


Figura 33. Diagrama de flujo para llamar la lista que está guardada en la carga electrónica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

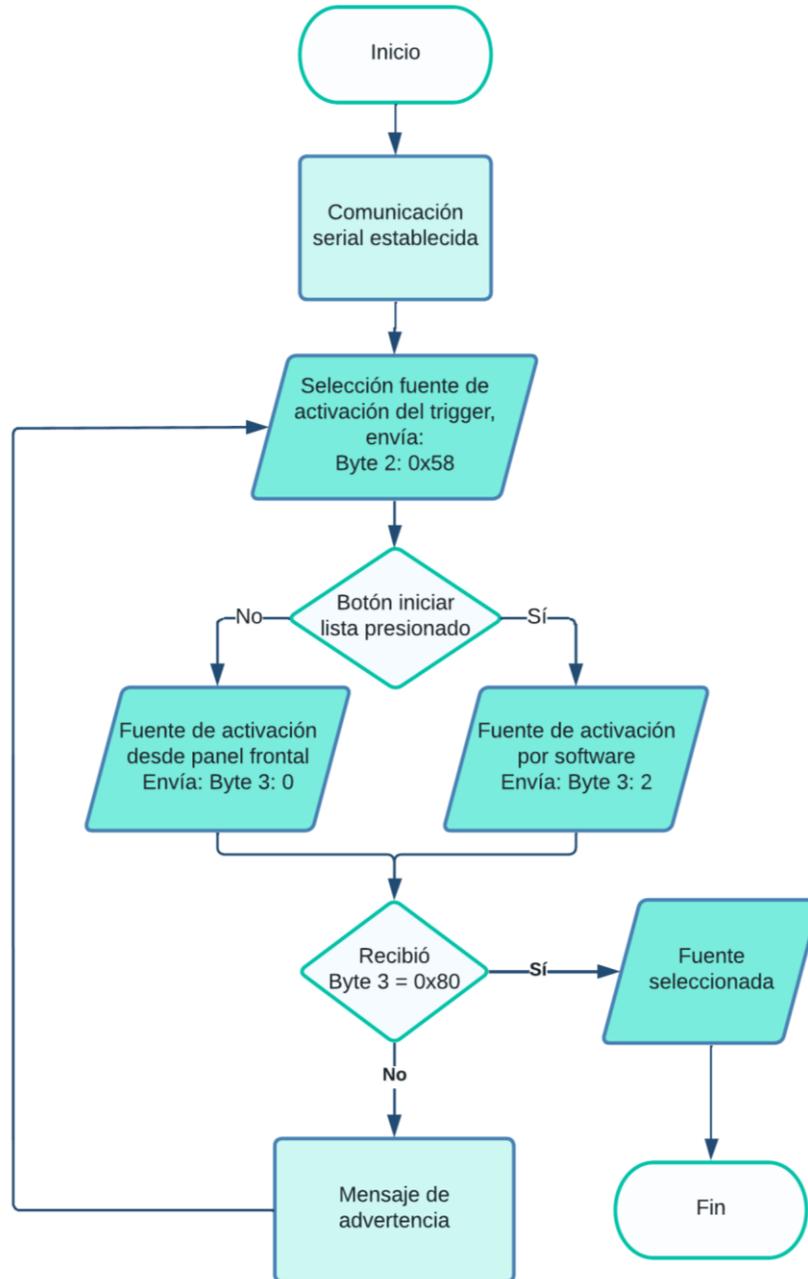


Figura 34. Diagrama de flujo para seleccionar la fuente de activación del trigger.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

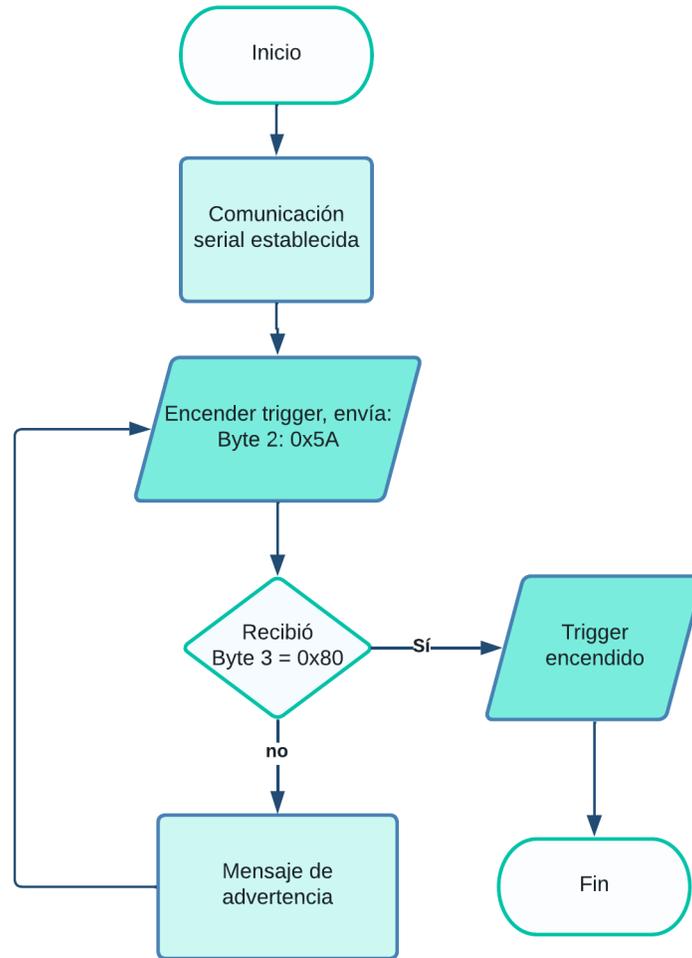


Figura 35. Diagrama de flujo para encender el trigger.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

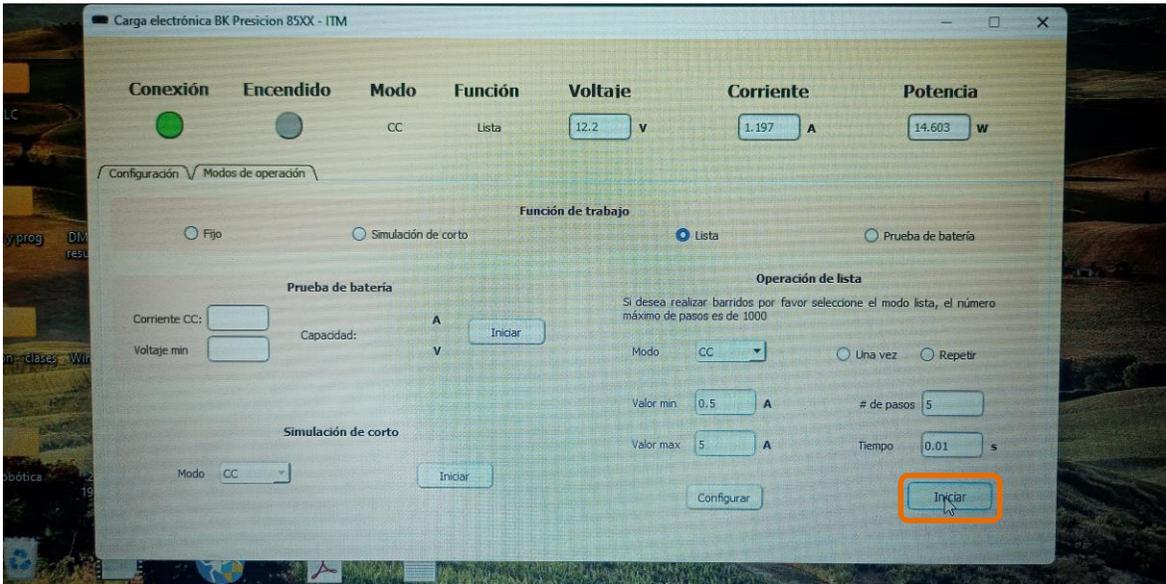


Figura 36. Iniciar lista (o barrido) desde la interfaz gráfica.

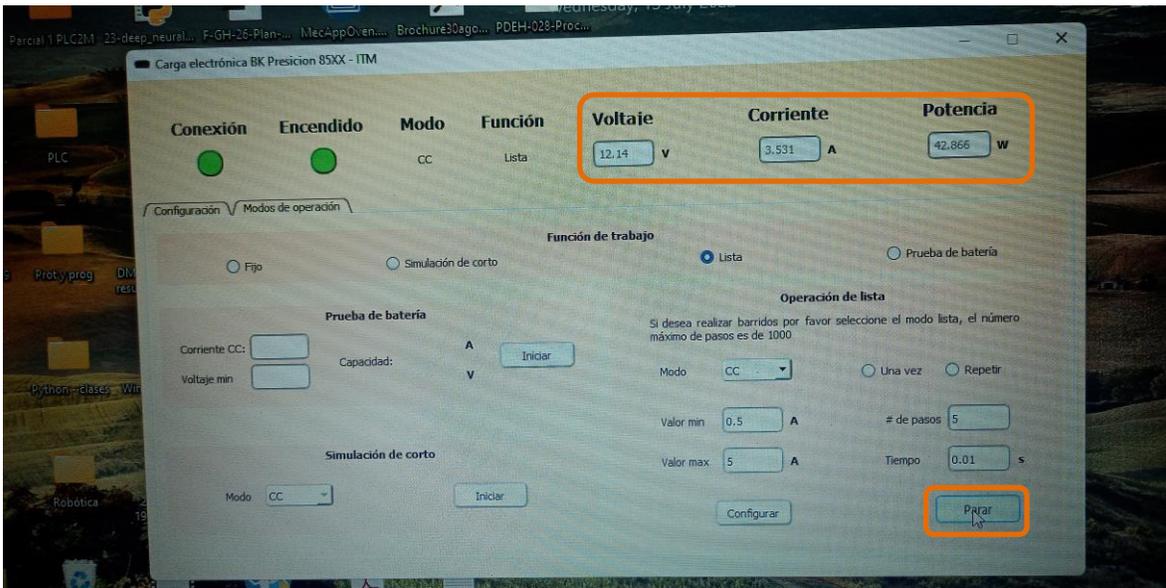


Figura 37. Lista en modo CC iniciada desde la interfaz gráfica leyendo los valores de entrada, y botón de parar activado para parar el barrido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 38. Valores de entrada leídos desde la carga electrónica.



Figura 39. Gráfica del barrido (lista en modo CC) vista desde un osciloscopio.

Para parar el barrido realizado con la función de lista solamente se necesita apagar la carga electrónica (ver Figura 19), en la Figura 37 se muestra activado el botón de parar en la interfaz gráfica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Finalmente, si se desea cerrar la comunicación serial con la carga electrónica se debe apagar la carga (ver Figura 19) (por seguridad, en caso de que no se haya apagado cuando se esté cerrando la comunicación serial), se debe cambiar la fuente de activación del *trigger* para que se haga desde el panel frontal (ver Figura 33) y se debe poner la carga en control local (ver Figura 5), una vez se han realizado estas acciones se puede cerrar la comunicación serial (ver Figura 4).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

- La interfaz gráfica desarrollada cumple con el objetivo planteado, desde esta es posible realizar la programación de cualquier carga electrónica de la serie BK 85XX, ingresando parámetros como los valores máximos de voltaje, corriente o potencia, ingresando los valores de voltaje, corriente, potencia o resistencia según el modo de operación en que se vaya a trabajar, se puede cambiar la función y establecer los valores asociados a la configuración de cada una de las funciones.
- Al realizar la conexión por medio de comunicación serial se disminuye un poco el tiempo de respuesta de la carga (por una diferencia de milisegundos), esto solo dificulta que se puedan realizar gráficas de los valores leídos por la carga electrónica de manera que no se implementa ya que este proceso aumentaría el costo de recursos del programa haciendo que disminuya aún más el tiempo de respuesta.
- Las pruebas se realizaron para las funciones fija y de lista, ya que en el caso de la función batería es necesario realizar una prueba de varias horas con baterías para analizar su comportamiento en el tiempo, y en el caso de la función de corto no se realizó la prueba para la protección de los dispositivos ya que es una función de más cuidado y que requiere del acompañamiento de una persona que tenga mayor conocimiento en esta aplicación. En ambos casos la programación se realizó según las indicaciones del proveedor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2 Recomendaciones y trabajo futuro

- Como parte de un trabajo futuro se recomienda realizar pruebas de corto y de batería para comprobar su correcto funcionamiento en conjunto con los ajustes necesarios en la programación según los requerimientos que se deseen considerar.
- Debido a los tiempos de respuesta de la carga electrónica por medio de comunicación serial, se plantea una estrategia para la obtención (en archivos csv) y gráfica de los datos en la interfaz a través de otro protocolo de comunicación que sea compatible con el modelo de la carga electrónica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Didácticos, R. (20 de junio de 2020). *Robots Didácticos*. Obtenido de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/que-es-la-comunicacion-serie/>

Laca, M. (s.f.). *Pythones*. Obtenido de [https://pythones.net/pyqt-instalacion-y-codigo-tutorial/#:~:text=MainWindow.show\(\),¿Qué%20es%20PyQt%3F,con%20un%20entorno%20gráfico%20agradable.](https://pythones.net/pyqt-instalacion-y-codigo-tutorial/#:~:text=MainWindow.show(),¿Qué%20es%20PyQt%3F,con%20un%20entorno%20gráfico%20agradable.)

Precision, B. (2018). *Datasheet*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/datasheets/en-us/85xx_datasheet.pdf

Precision, B. (s.f.). *Aplicaciones y ejemplos de la carga electrónica DC*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/guides/en-us/dc_electronic_load_application_note.pdf

Precision, B. (s.f.). *Manual de usuario*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/manuals/en-us/85xx_manual.pdf

Precision, B. (s.f.). *Repositorios de los fabricantes*. Obtenido de <https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/software/github8500.pdf>

Santander. (9 de abril de 2021). *Becas Santander*. Obtenido de <https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Carolina Ortiz A.

FIRMA ASESOR ROSA J. RODRIGO C.

Cristian Guarnizo

FECHA ENTREGA: 08/08/22

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__ ACEPTADO____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____