



Universidad
Nacional de San Luis



FICA



Ingeniería Electrónica con Orientación en Sistemas Digitales

Diseño e implementación de mejoras en una **estación de carga solar** aislada para **pequeños vehículos eléctricos**

DEFENSA DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

MARTÍN EZEQUIEL BASILE

Director: Dr. Ing. Federico M. Serra
Co-Director: Mg. Ing. Cristian A. Falco

Mayo 2021



Agradecimientos

Agradecimientos

- A **Dios**, por todas las gracias concedidas y por darme la fortaleza necesaria para afrontar cada desafío de la vida.
- A **mis padres**, por darme la oportunidad de tener un estudio universitario, por su gran ejemplo de vida, por el amor y los valores transmitidos.
- A **mi esposa**, por elegirme como su compañero de vida, por todo el apoyo, amor, confianza y por hacerme mejor persona cada día.
- A **mis suegros y cuñada**, por toda la gran ayuda incondicional que nos dieron a mi esposa y a mí, en los momentos más difíciles.
- A **mis hermanos y cuñados**, por su cariño, sus enseñanzas y por estar cada vez que los he necesitado.
- A **mis compañeros** de la carrera, por su amistad y compañía durante este trayecto.
- A **mi director y co-director** de tesis, por guiarme para que pueda concretar este trabajo final y por creer en mí.

Contenido

Introducción

Sistema propuesto

Implementación del sistema

Resultados obtenidos

Conclusiones y trabajos futuros

Contenido

➔ **Introducción**

Sistema propuesto

Implementación del sistema

Resultados obtenidos

Conclusiones y trabajos futuros

Presentación del tema

Introducción



Demanda mundial de energía



Suministros convencionales de combustibles fósiles **insuficientes**

Energías no renovables



Presentación del tema

Energías renovables



Estación de carga solar de VE

- ↓ Precio de paneles solares
- ↑ Utilización de Vehículos Eléctricos
- ↑ Preocupación por gases de efecto invernadero

— Autonomía del VE

Infraestructura de carga de VE

Introducción



Motivación

Necesidad

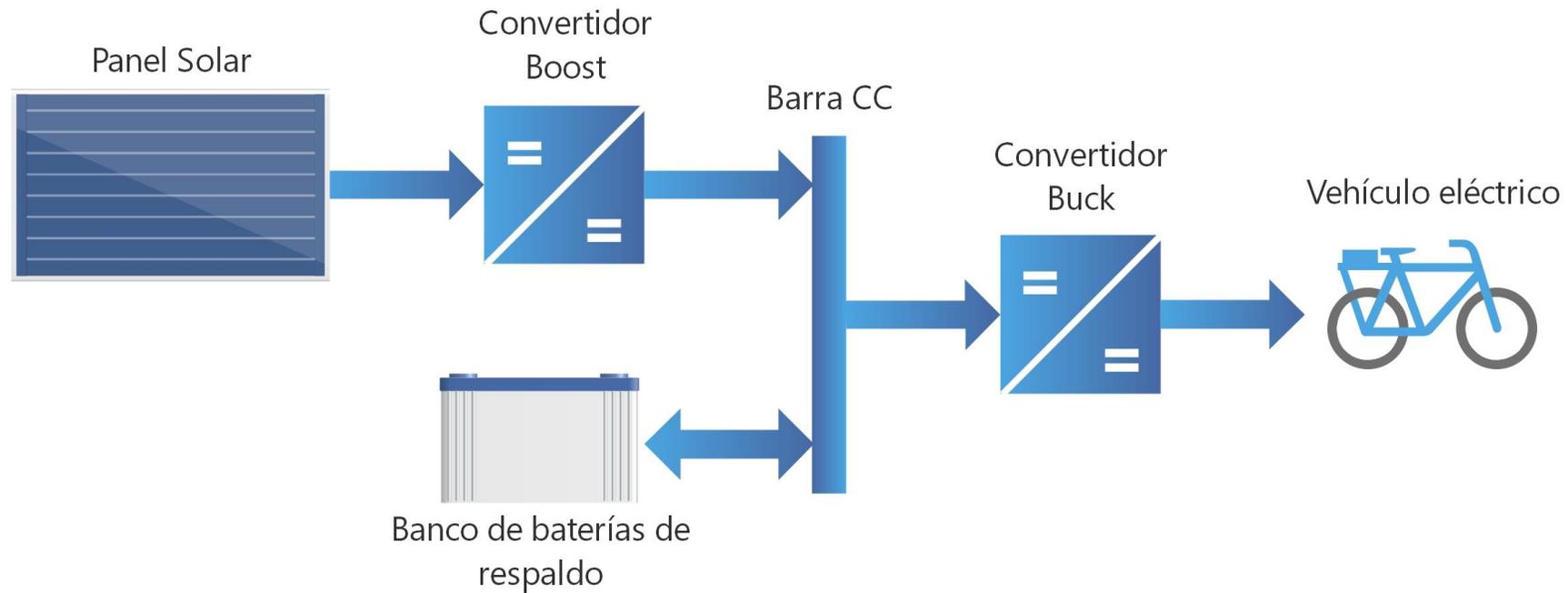
Efectuar **mejoras** a una estación de carga solar aislada para pequeños VE desarrollada como trabajo final de un alumno de la UNSL (2018, Martínez Franco).

Lugar de trabajo

Laboratorio de Control Automático (LCA) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA), UNSL – Villa Mercedes, San Luis.



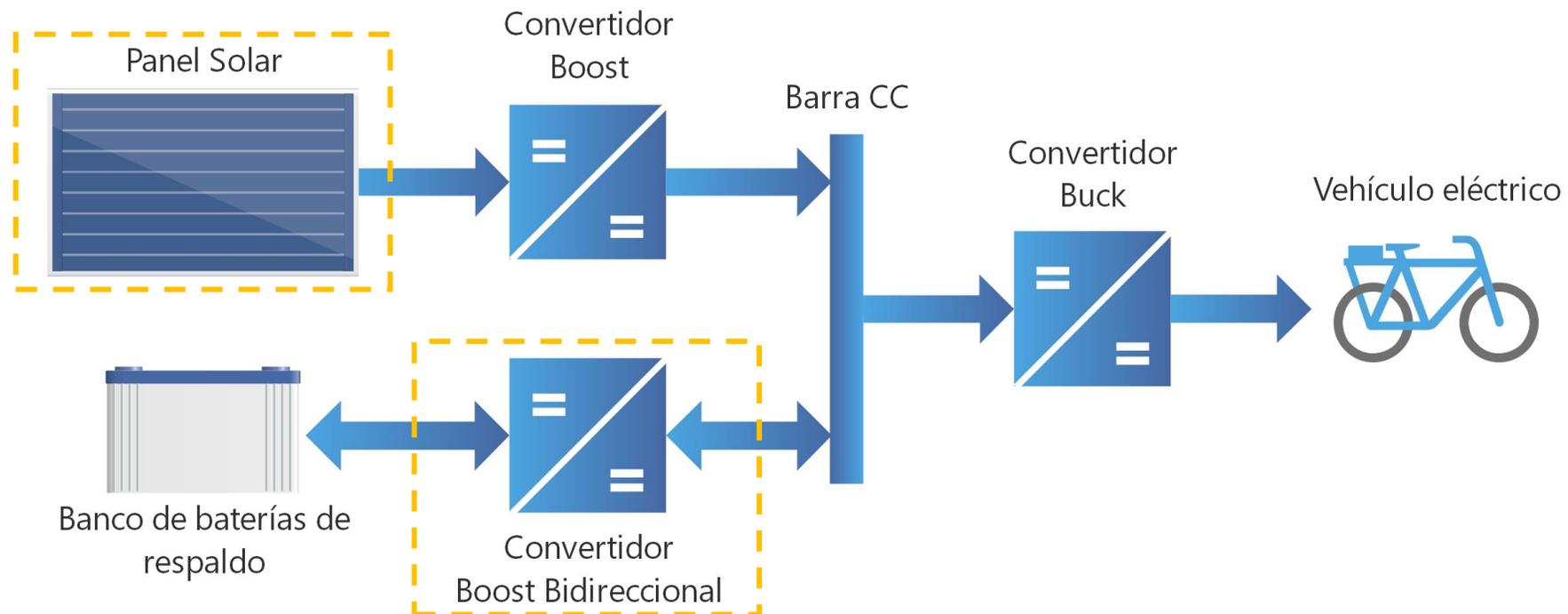
Diseño original



Diseño original de la estación de carga solar

Sistema Propuesto

- Utilizar un panel fotovoltaico (PV) de **mayor potencia** nominal
- Agregar un convertidor **Boost Bidireccional** entre barra CC (Bus) y el banco de baterías de respaldo (BR)



Objetivos

- Diseñar e implementar una nueva versión funcional de la estación de carga solar para pequeños VE, en base al trabajo desarrollado previamente en el LCA.
- Dimensionar el sistema para utilizar un panel fotovoltaico de mayor potencia, para mejorar el desempeño.
- Incorporar un convertidor de potencia bidireccional entre el banco de baterías de respaldo y la barra de CC, para evitar que las variaciones de tensión de esta última se transmitan directamente a las baterías, perjudicando la vida útil de las mismas.
- Añadir una pantalla táctil al sistema, para facilitar la interacción con el usuario.
- Diseñar e implementar el hardware necesario para el control del sistema completo.
- Verificar el funcionamiento del prototipo de estación de carga, efectuando ensayos y mediciones, utilizando como VE la bicicleta eléctrica provista por el LCA.

Contenido

Introducción

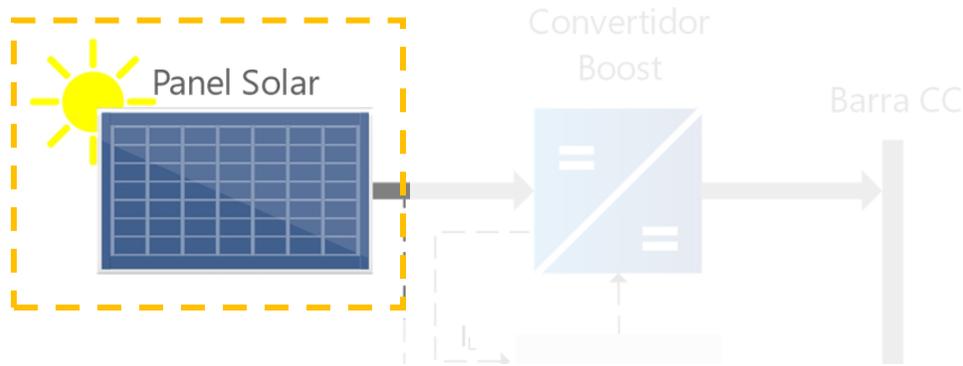
➔ **Sistema propuesto**

Implementación del sistema

Resultados obtenidos

Conclusiones y trabajos futuros

Sistema Propuesto



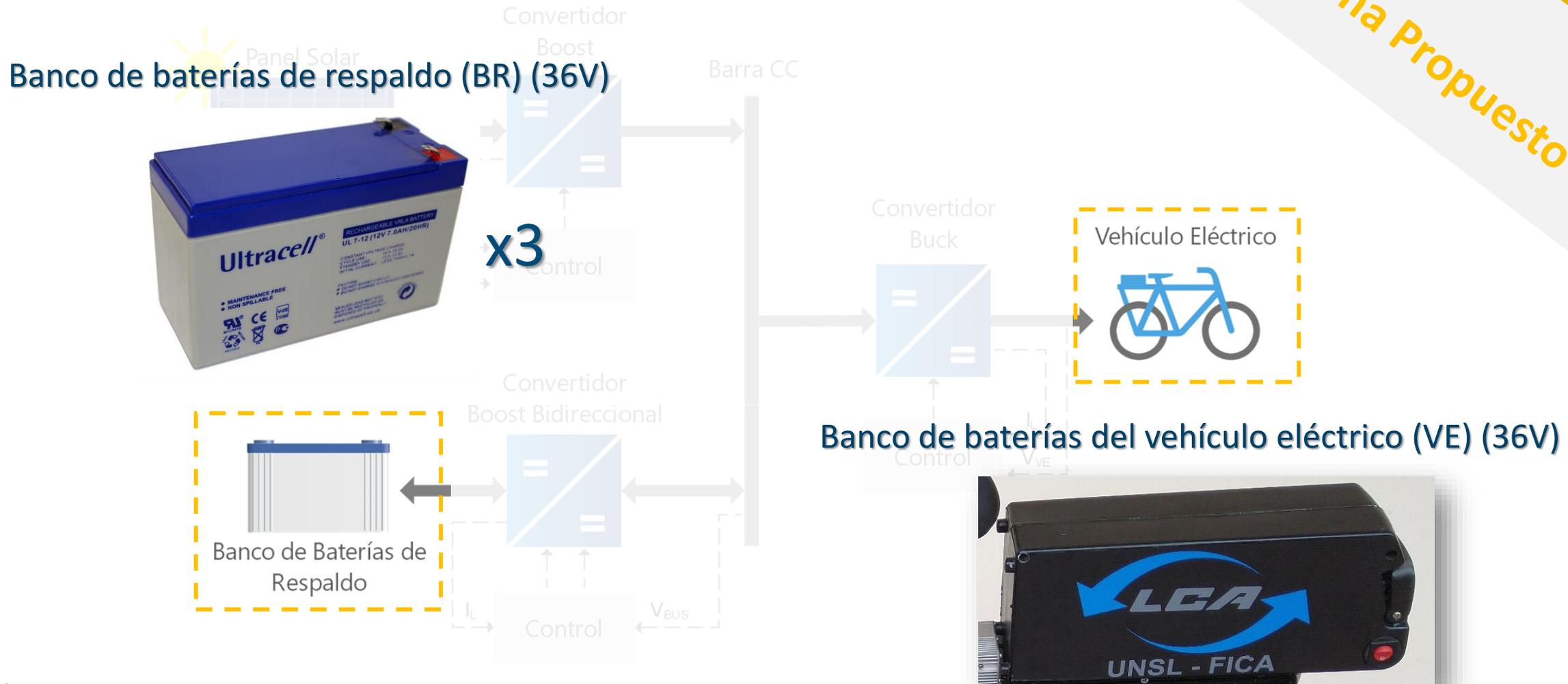
Branik FS-160W-Hc



Parámetro	Valor
Máxima potencia P_{max}	160 W
Tensión a máxima potencia V_{mp}	18.6 V
Corriente a máxima potencia I_{mp}	8.61 A
Tensión a circuito abierto V_{oc}	22.8 V
Corriente de cortocircuito I_{sc}	9.11 A
Eficiencia del módulo η	16.4%
Tipo	Policristalino
Celdas	36
Dimensiones	1476mm x 670mm x 35mm

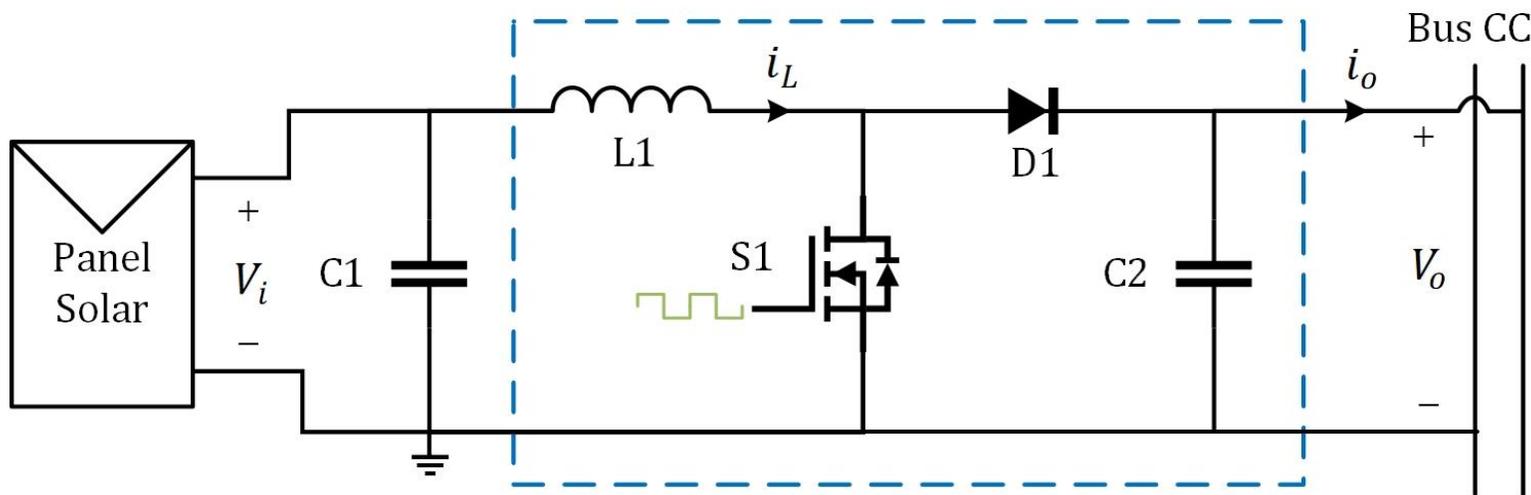
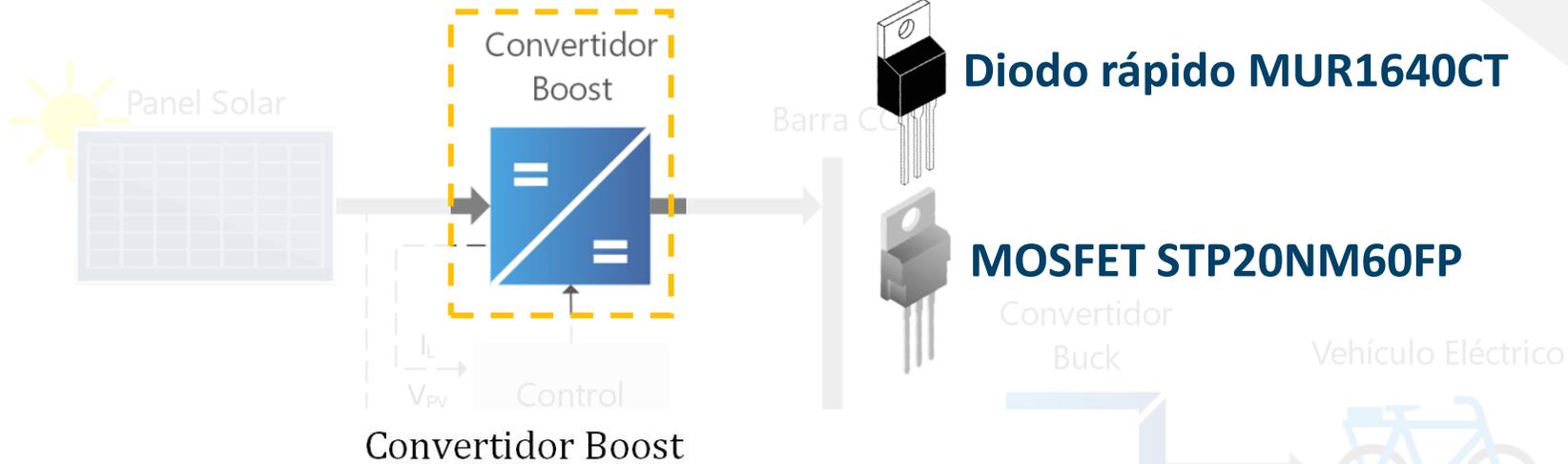
Sistema Propuesto

Sistema Propuesto



Sistema Propuesto

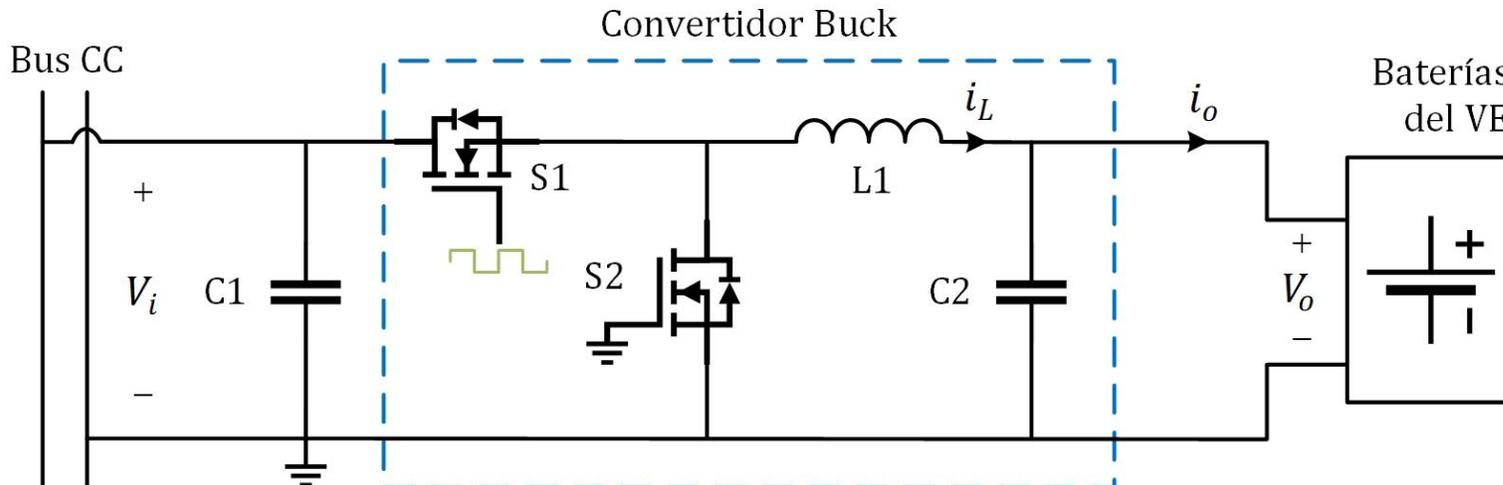
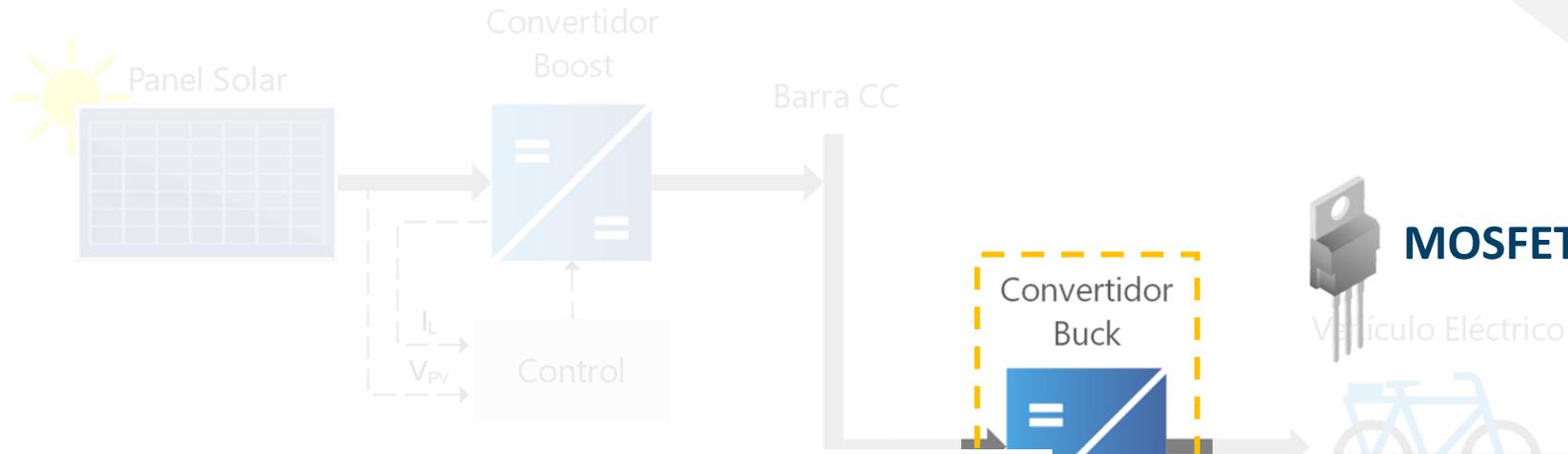
Sistema Propuesto



- $D = 1 - \frac{V_i}{V_o} = 0.628$
- $L = \frac{V_i D}{f \Delta I_L} \approx 646 \mu H$
- $C_o = \frac{I_o D}{f \Delta V_o} \approx 191.6 \mu F$

Sistema Propuesto

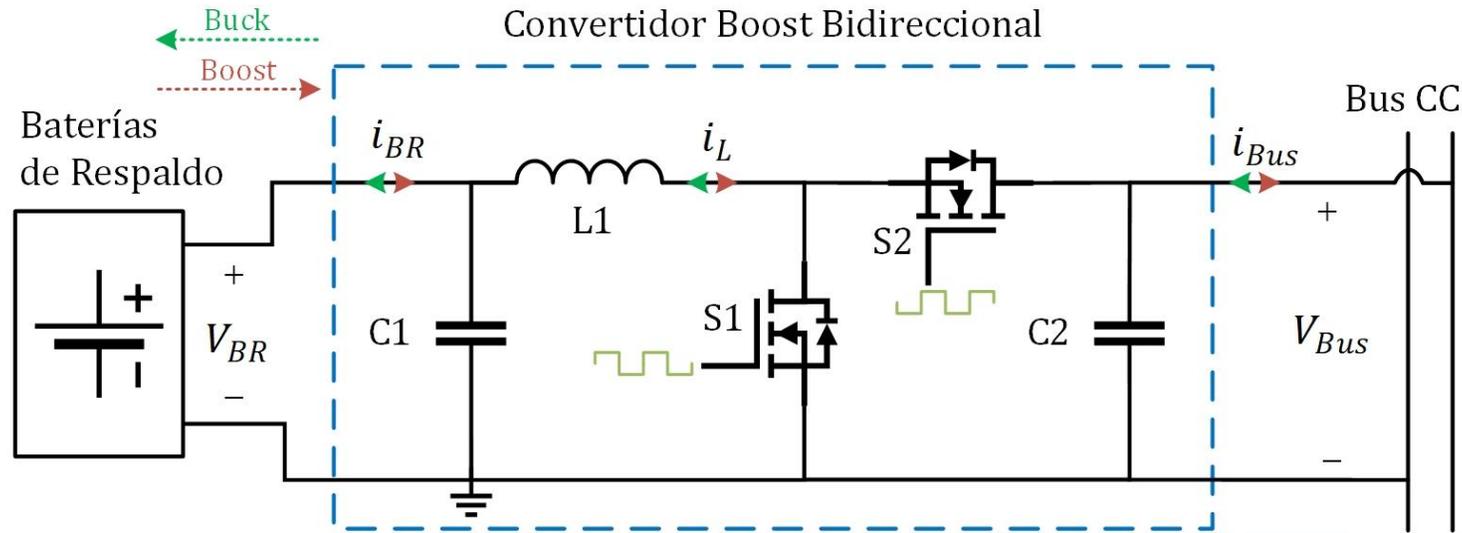
Sistema Propuesto



- $D = \frac{V_o}{V_i} = 0.72$
- $L = \frac{V_i D(1 - D)}{f \Delta I_L} = 2.7mH$
- $C_o = \frac{V_i D(1 - D)}{8L f^2 \Delta V_o} \approx 2.89\mu F$

Sistema Propuesto

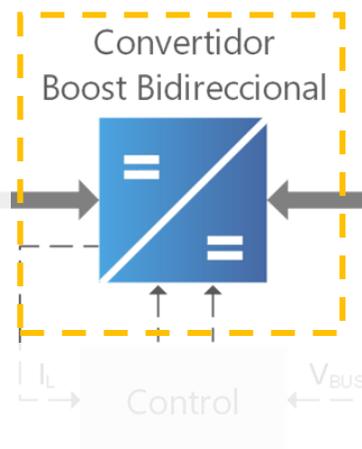
Sistema Propuesto



Vehículo Eléctrico



MOSFET IRF740

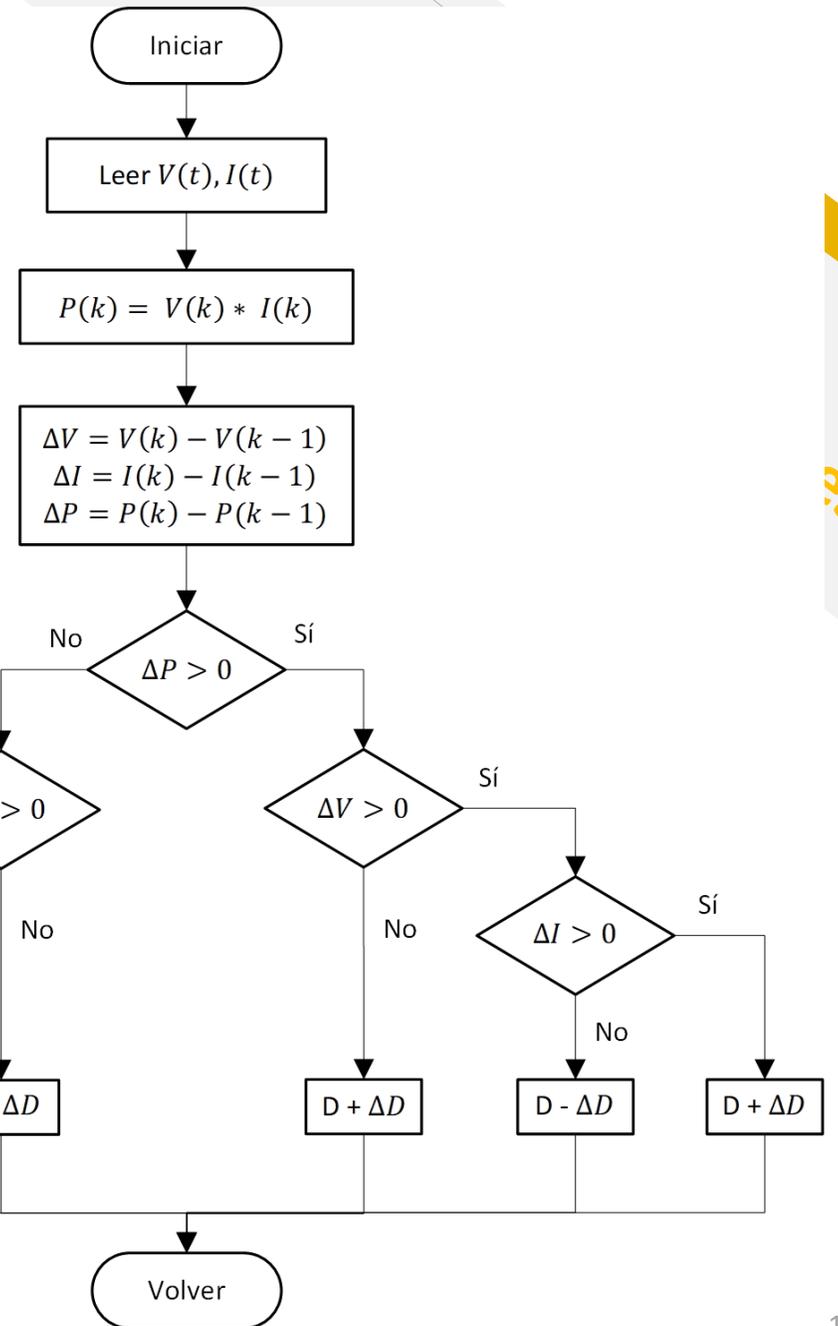
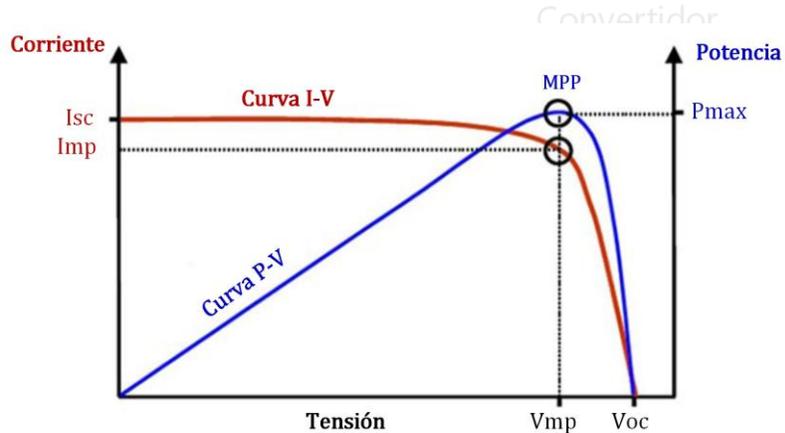
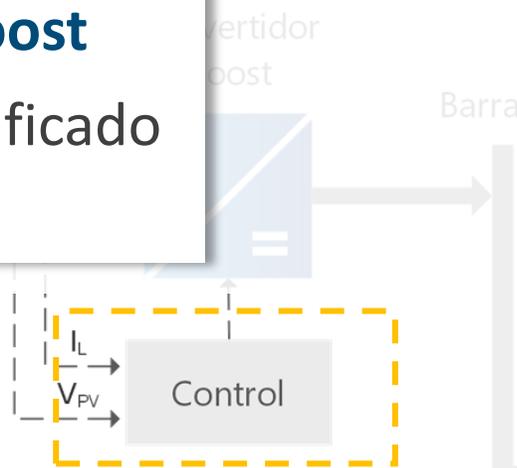


- $D_1 = 1 - \frac{V_{BR}}{V_{Bus}} = 0.28$
- $D_2 = \frac{V_{BR}}{V_{Bus}} = 0.72$
- $L = \frac{V_{BR}D_1}{f\Delta I_L} = 1.1mH$
- $I_{Bus} = I_L D_2 = 3.2A$
- $C_2 = \frac{I_{Bus}D_1}{f\Delta V_{Bus}} = 85.3\mu F$
- $C_1 = \frac{V_{Bus}D_2(1 - D_2)}{8Lf^2\Delta V_{BR}} \approx 7.35\mu F$

Sistema Propuesto

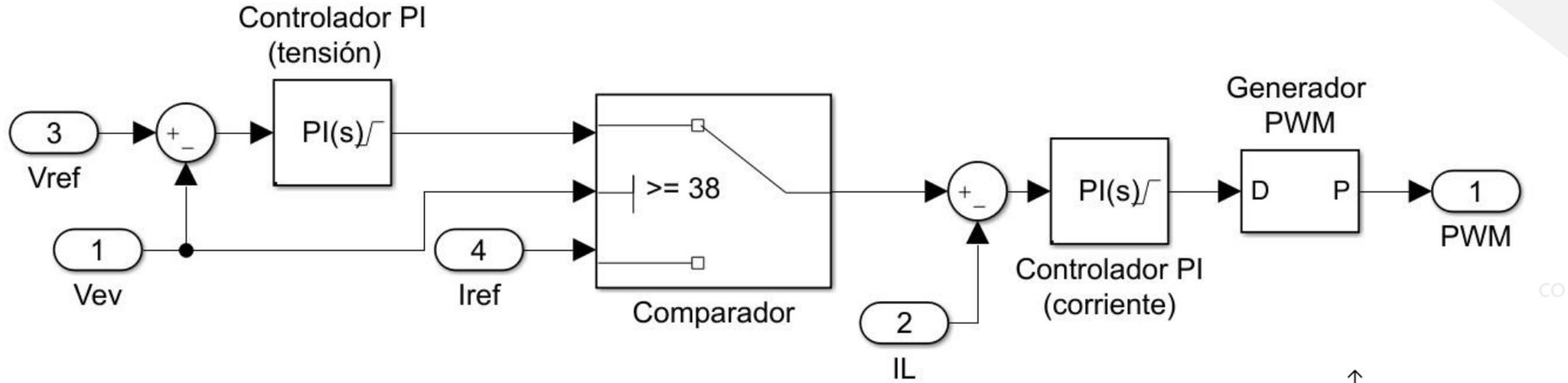
Control del Convertidor Boost

Algoritmo MPPT P&O modificado para evitar drift.



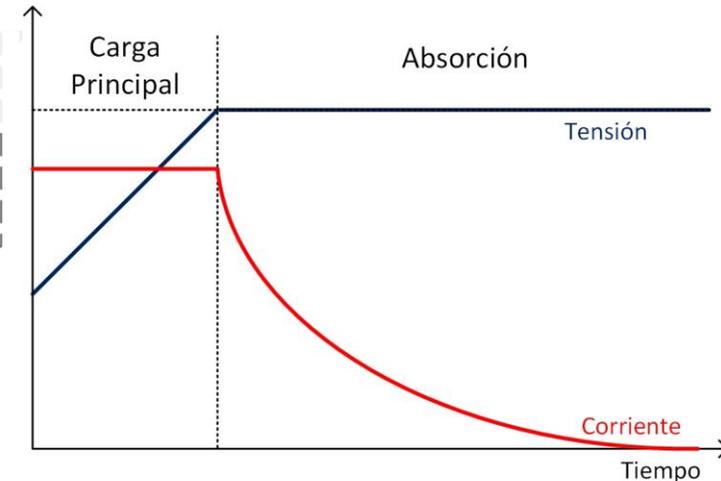
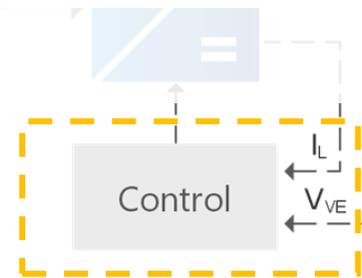
Sistema Propuesto

Sistema Propuesto



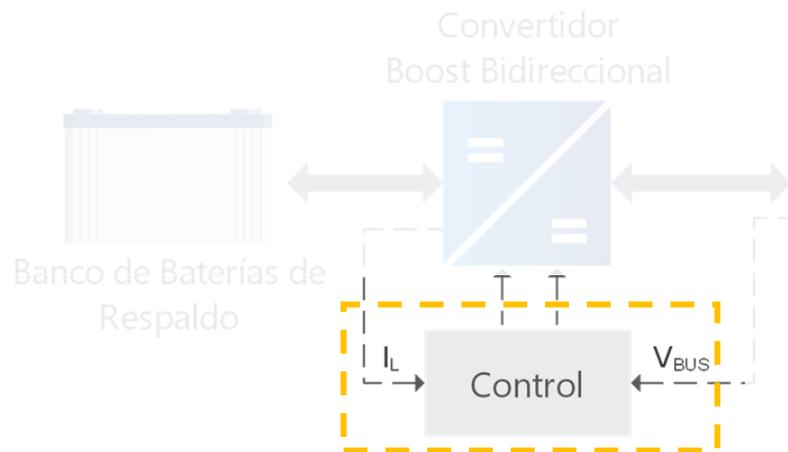
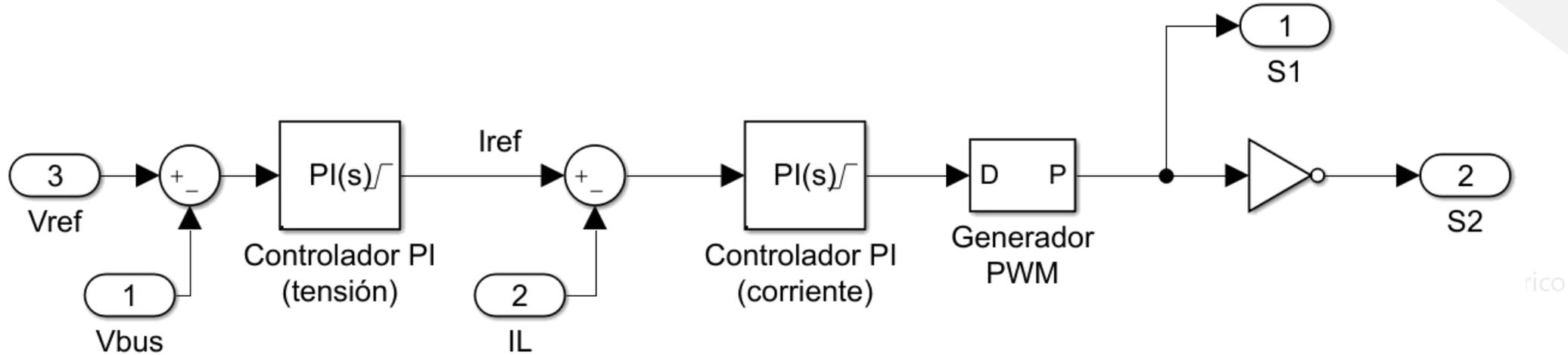
Control del Convertidor Buck

Se controla el ciclo de trabajo del MOSFET para efectuar el perfil de carga en el VE (*Corriente constante – Tensión constante*)



Sistema Propuesto

Sistema Propuesto



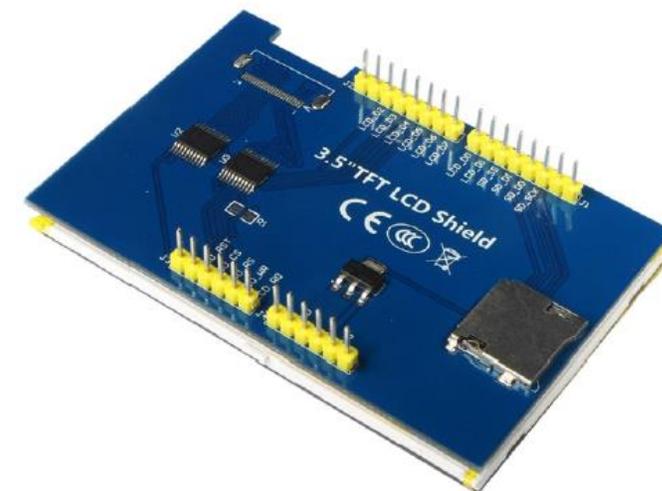
Control del Convertidor Boost Bidireccional

Se controla el ciclo de trabajo de S1 y S2 para mantener la tensión del Bus constante

Pantalla táctil

Pantalla TFT 3.5"

Parámetro	Valor
Tamaño de pantalla	3.5"
Tipo	TFT
Driver CI	ILI9486
Color de pantalla	RGB 65K
Resolución	480 x 320 px
Interfase del módulo	Paralela de 8 bits
Área activa	73.44 x 48.96 mm
Tamaño del PCB	85.49 x 55.63 mm
Temperatura de operación	-20°C a 70°C
Tensión de operación	5V/3.3V

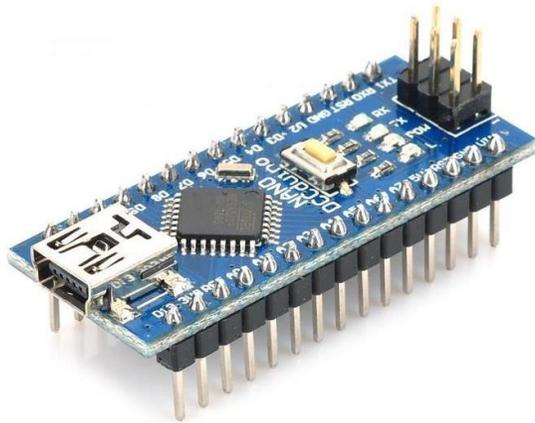


Sistema Propuesto

Sistema de Control

Microcontrolador principal

Arduino Nano (ATmega328)



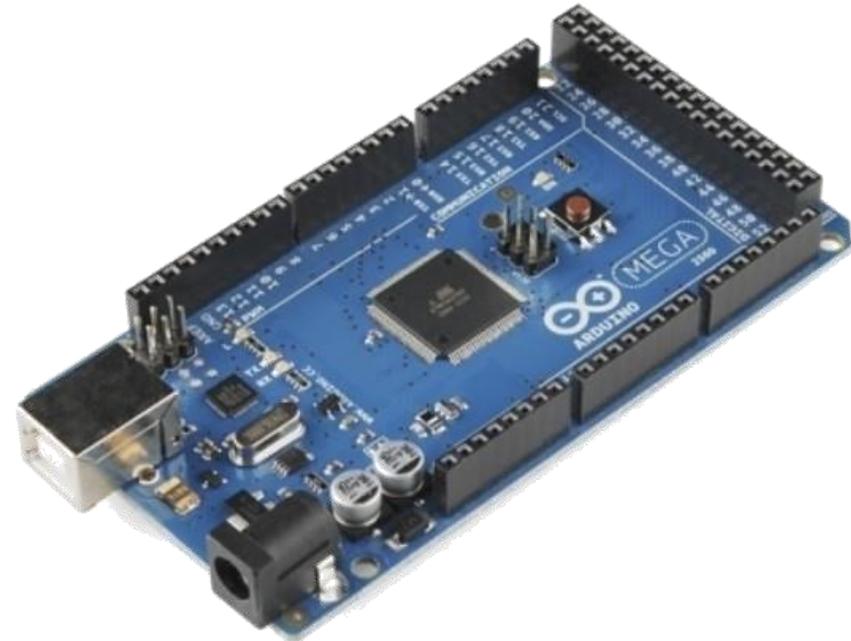
Comunicación
por SPI



- 3 Salidas PWM
- 7 Entradas Analógicas
- 1 Salida digital
- 4 Pines para SPI

Control de la pantalla táctil

Arduino MEGA (ATmega2560)

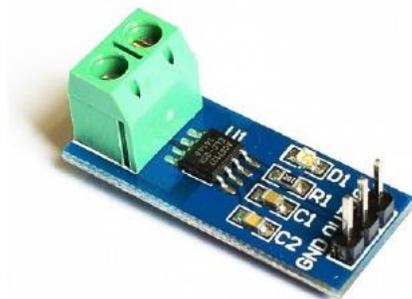


Sistema Propuesto

Sensores

Sensor de corriente

Módulo ACS712 (20 y 30A)

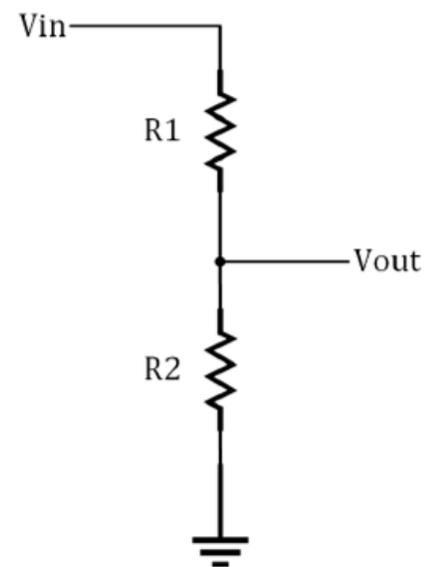


Parámetro	Valor
Ancho de banda	80 kHz
Error de salida total (a 25°C)	1.5 %
Resistencia interna del conductor	1.2 mΩ
Tensión de aislamiento mínimo	2.1 kV _{RMS}
Tensión de alimentación	5 V
Sensibilidad de salida	66 a 185 mV/A (según el modelo)

Sensor de tensión

Divisor de tensión

- R1 elevada
- Tolerancia utilizada del 5%

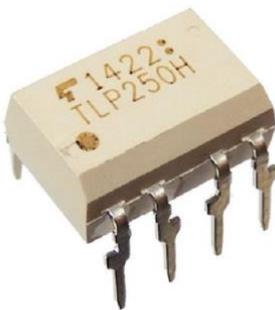


$$R_2 = R_1 \frac{V_{out}}{V_{in} - V_{out}}$$

Drivers

Para el Buck y Boost

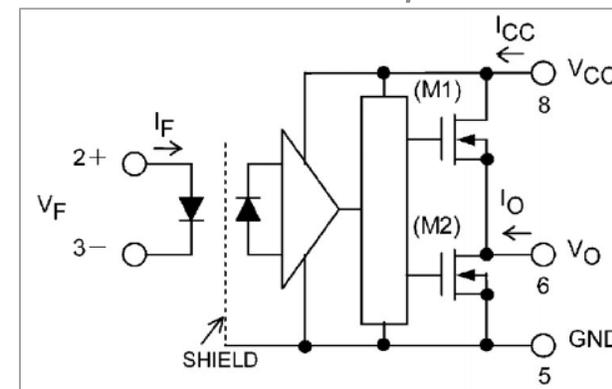
Drivers optoaislados
TLP250H y TLP557



Sistema Propuesto

	TLP250H	TLP557
Corriente de umbral de entrada I_F	5mA (máx)	
Tensión de alimentación V_{CC}	10 - 30 V	16 V (máx.)
Corriente de salida I_{CC}	± 2.5 A (máx.)	± 0.3 A (máx.)
Tiempo de retardo de propagación	500ns (máx.)	5 μ s (máx.)
Tensión de aislamiento	3750 Vrms (mín.)	2500 Vrms (mín.)

Esquemático



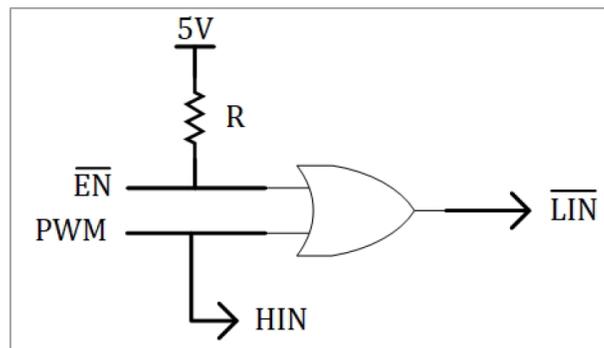
Drivers

Para el Boost Bidireccional

Drivers half bridge IR2103(S)

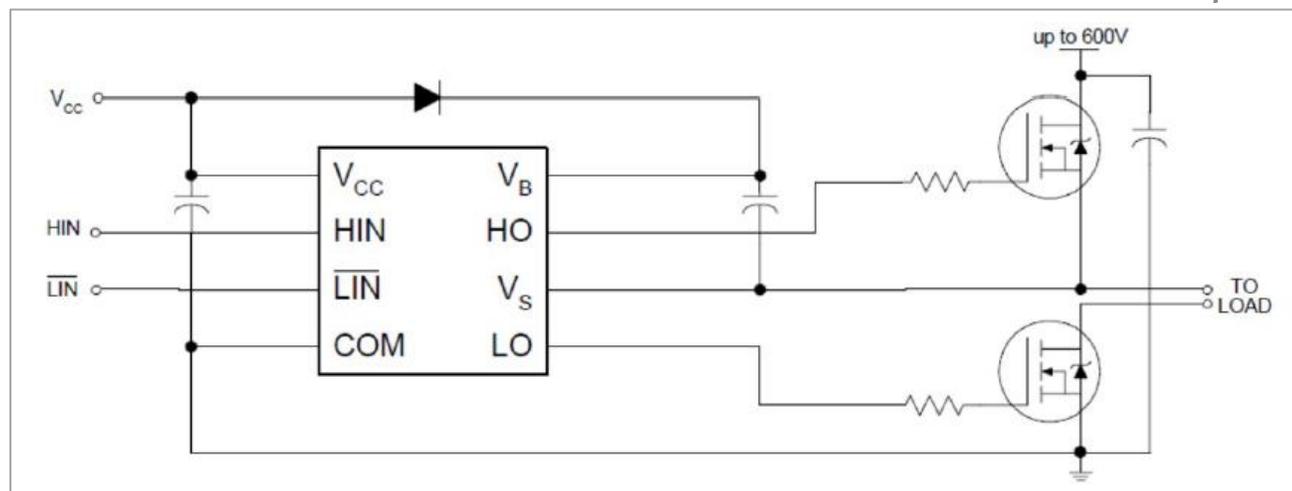
Parámetro	Valor
V_{OFFSET} (máx)	600V
$I_{O\pm}$	130mA/270mA
V_{OUT}	10V - 20V
$t_{on/off}$ (típico)	680 & 150 ns
Tiempo muerto (típico)	520 ns
Compatibilidad de entrada lógica	CMOS / LSTTL
Salida del lado alto en fase con	HIN
Salida del lado bajo desfasada de	LIN

Acondicionamiento



Sistema Propuesto

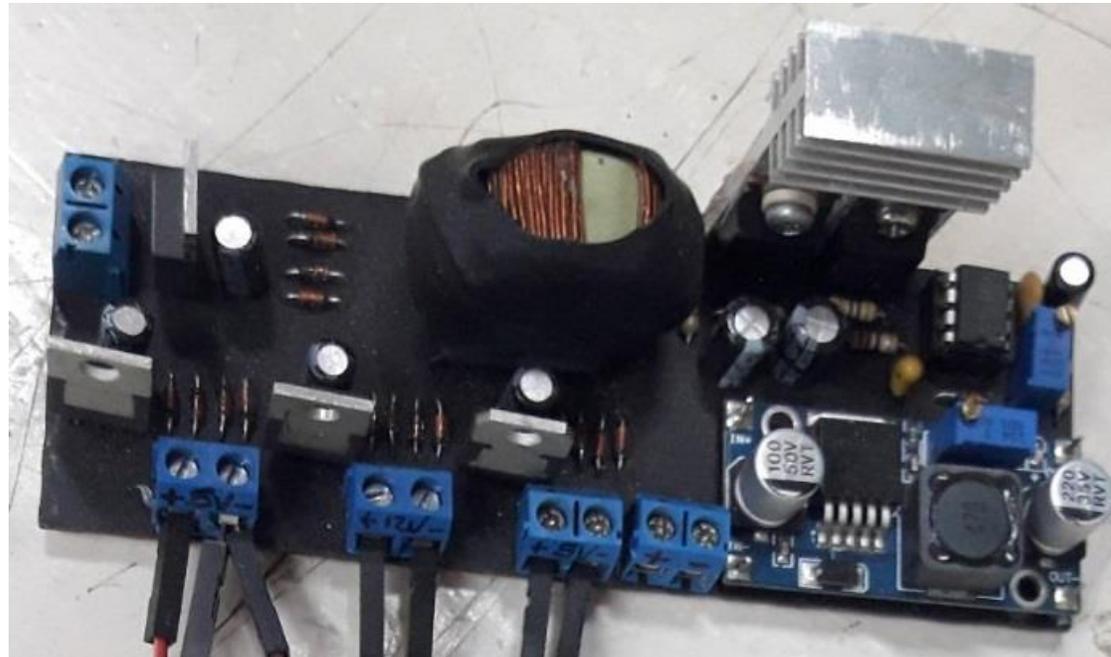
Circuito típico



Fuente de alimentación

Se utilizó la misma del trabajo anterior

- Cuatro salidas aisladas y reguladas
 - Dos de 5V
 - Dos de 12V



Sistema Propuesto

Contenido

Introducción

Sistema propuesto

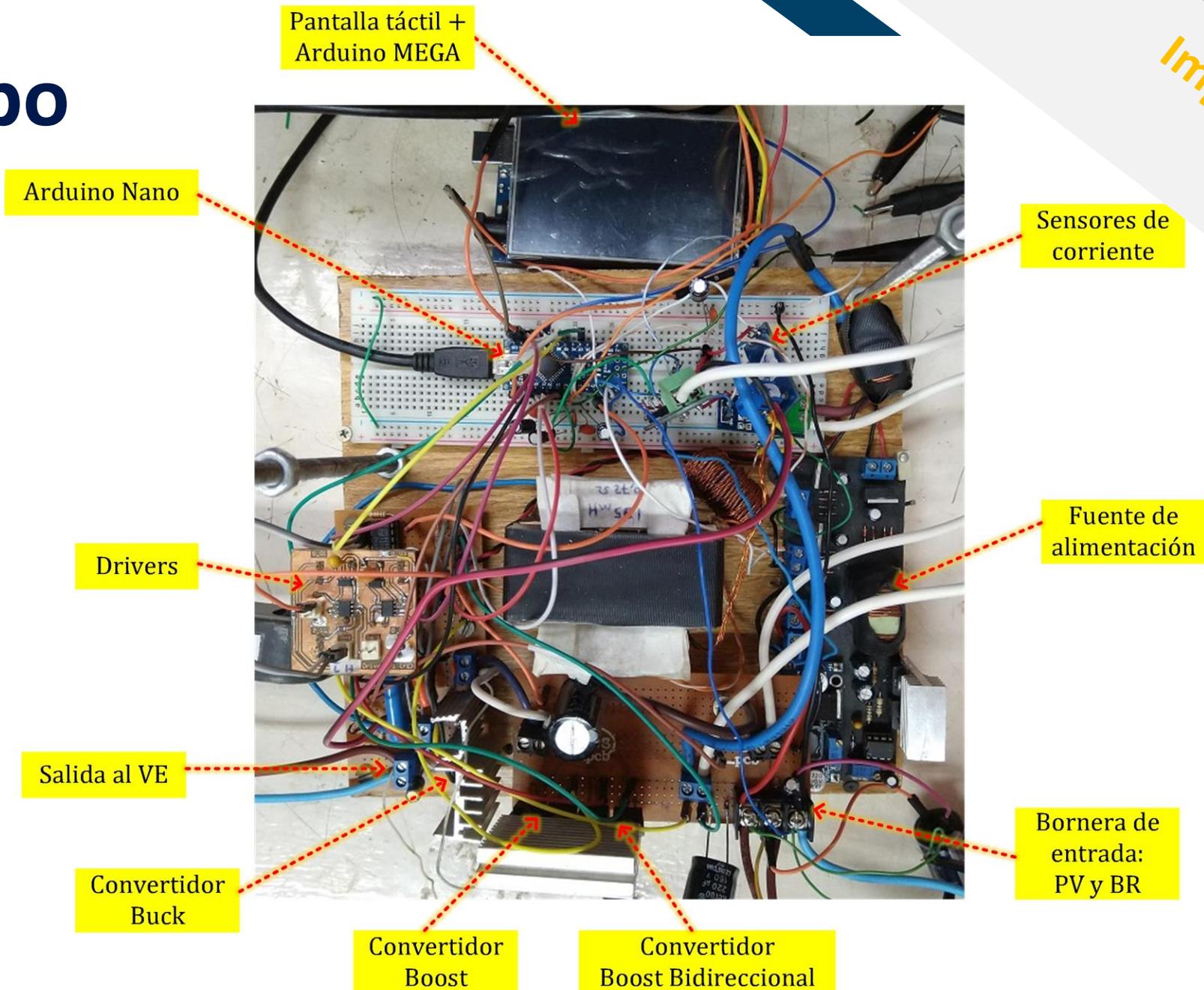
➔ **Implementación del sistema**

Resultados obtenidos

Conclusiones y trabajos futuros

Prototipo

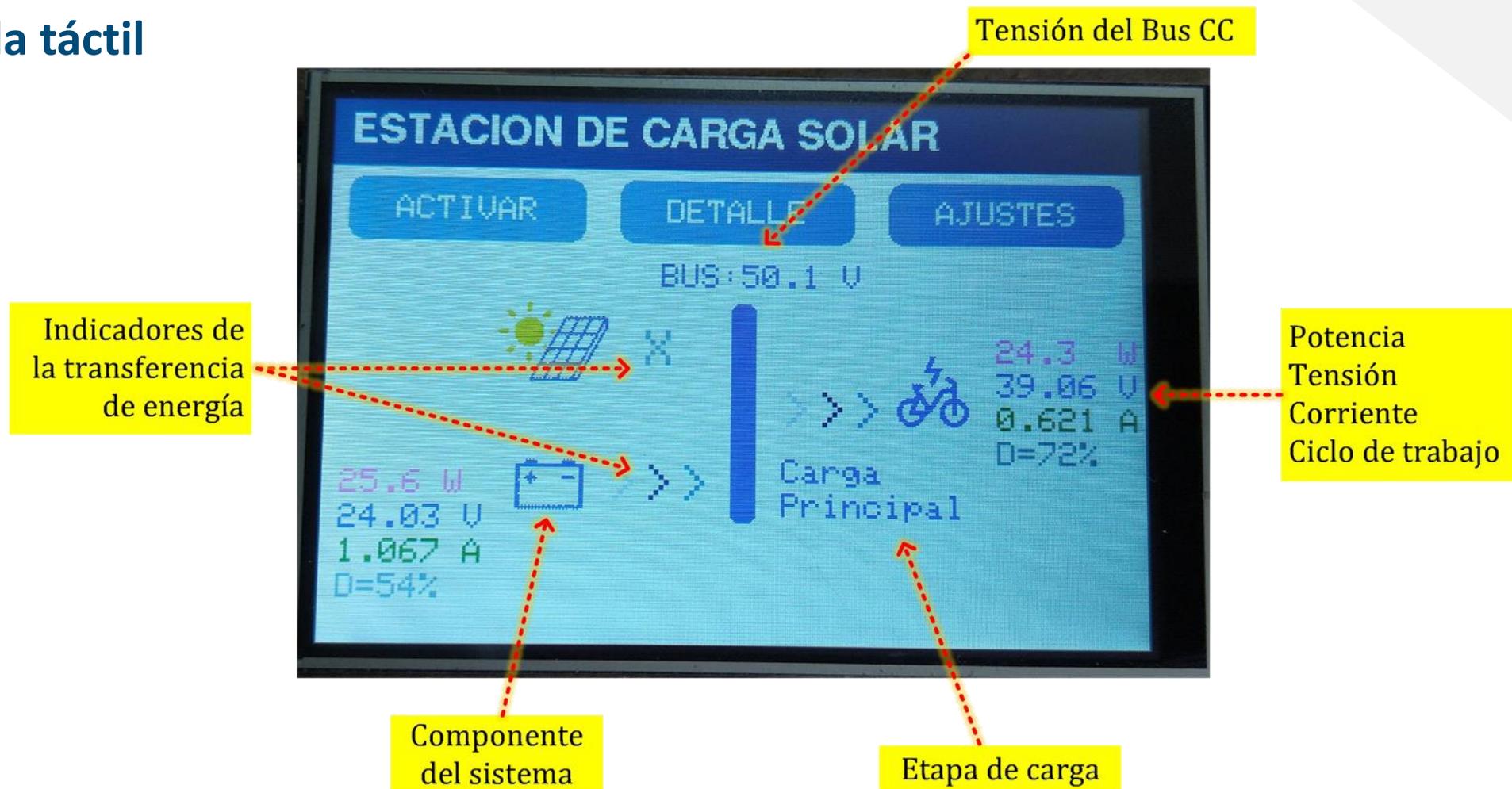
Implementación del sistema



Prototipo

Pantalla táctil

Implementación del sistema



Prototipo

Implementación del sistema

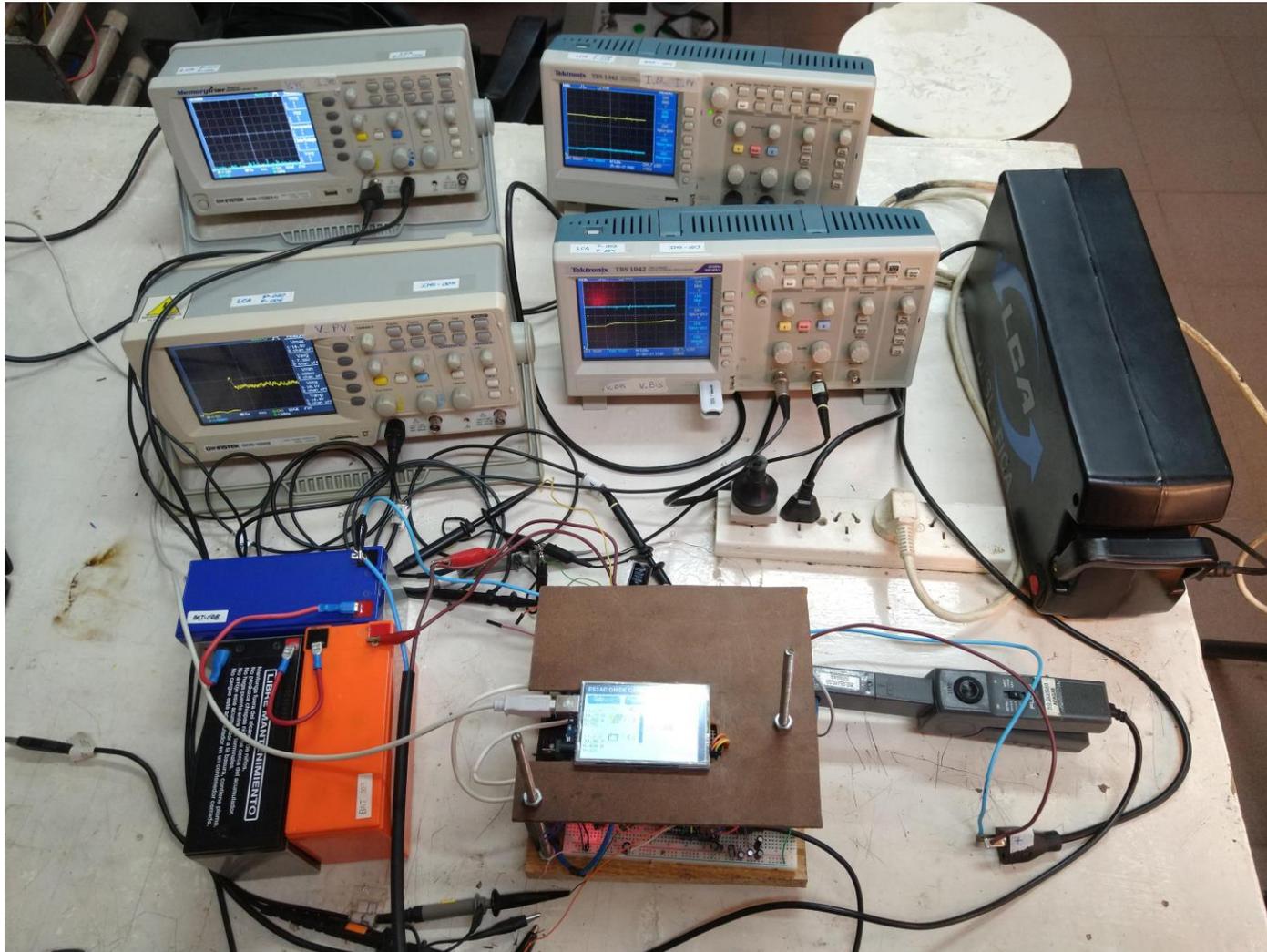


Foto del prototipo, baterías y osciloscopios

Prototipo



Panel solar y reflectores



Bicicleta eléctrica del LCA

Implementación del sistema

Contenido

Introducción

Sistema propuesto

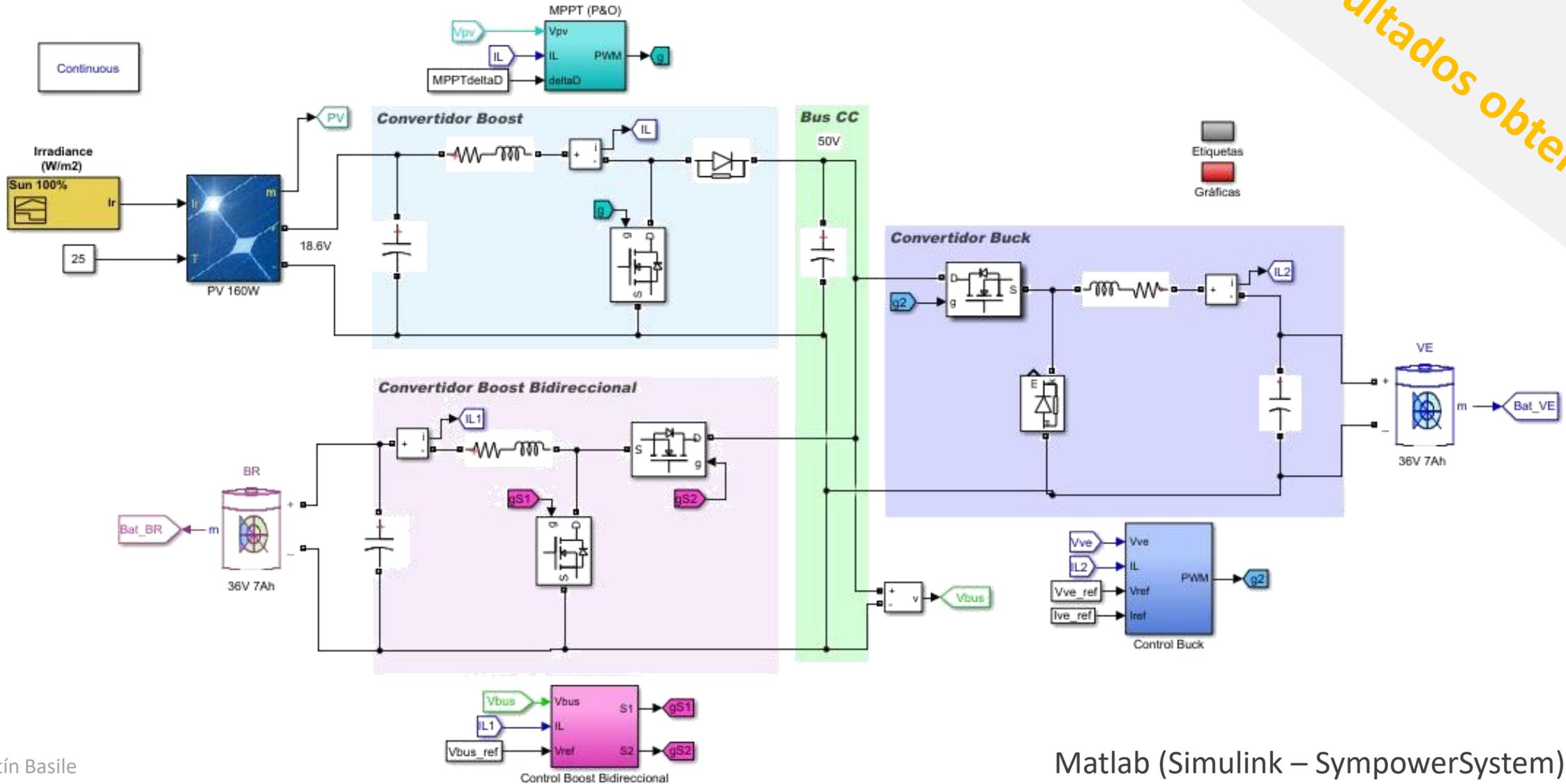
Implementación del sistema

➔ **Resultados obtenidos**

Conclusiones y trabajos futuros

Simulaciones

Resultados obtenidos



Simulaciones

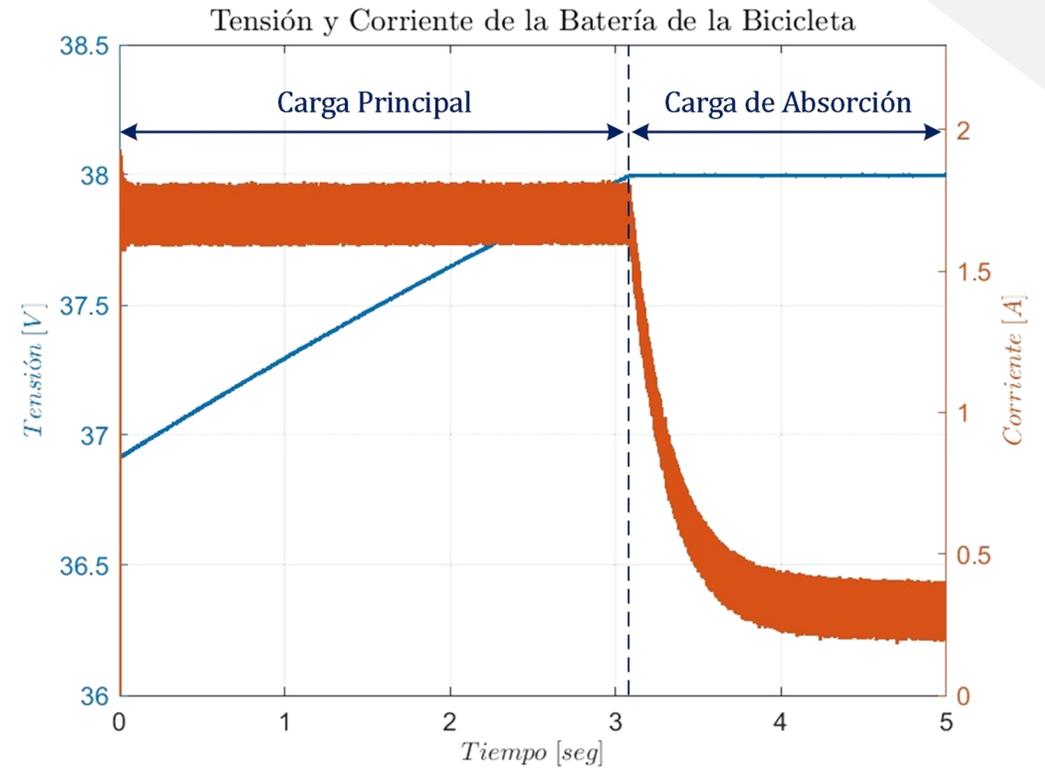
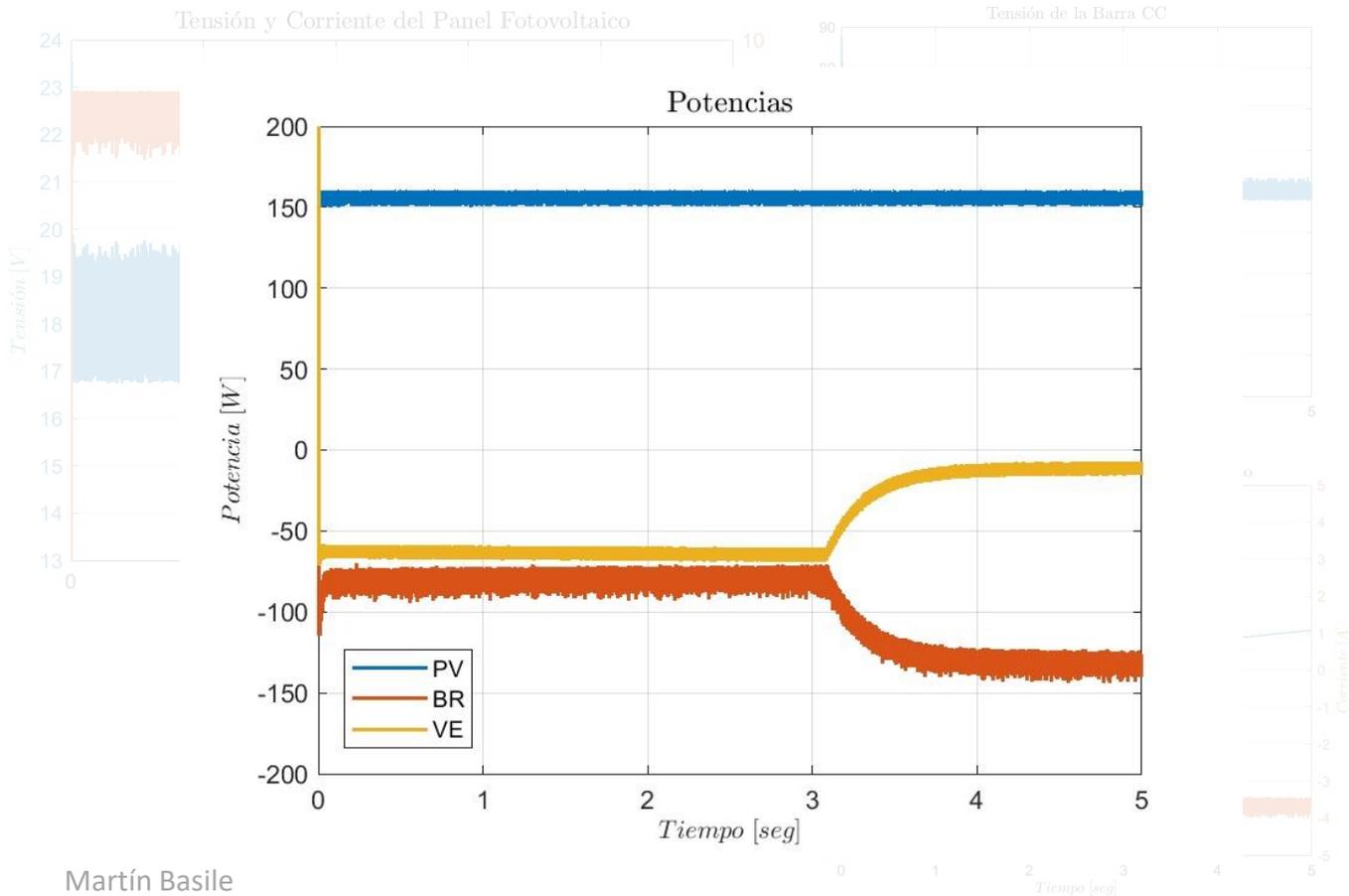


Simulación del sistema completo



Simulación con cambio de irradiancia

Resultados obtenidos



Simulaciones

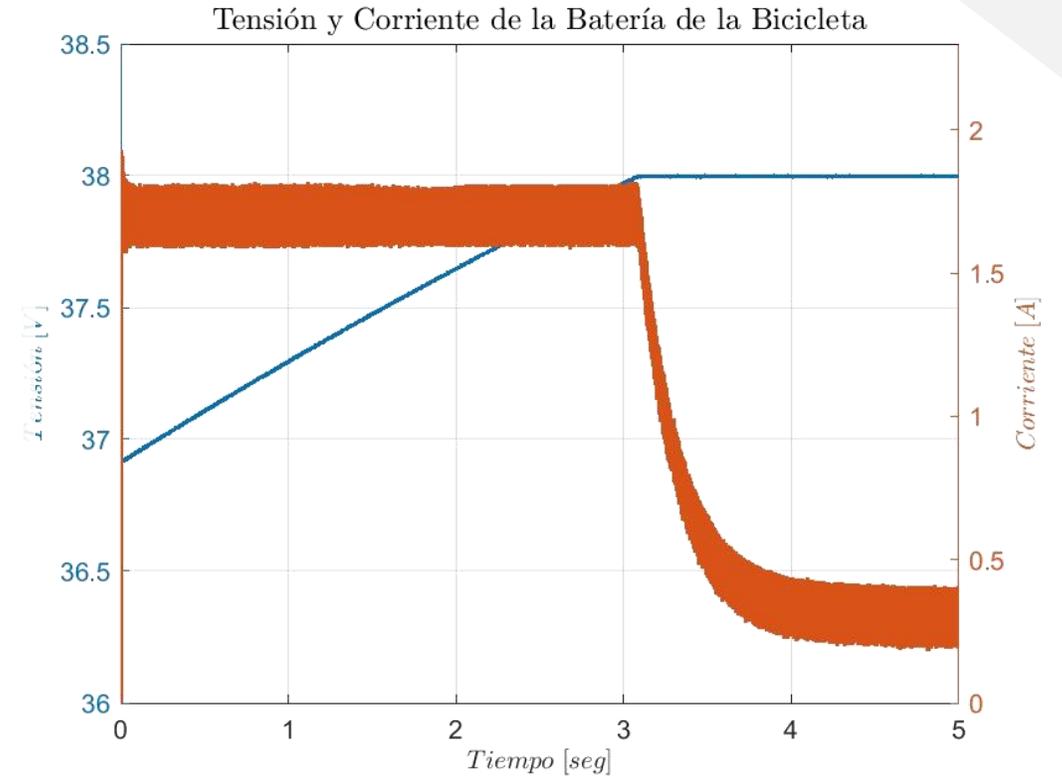
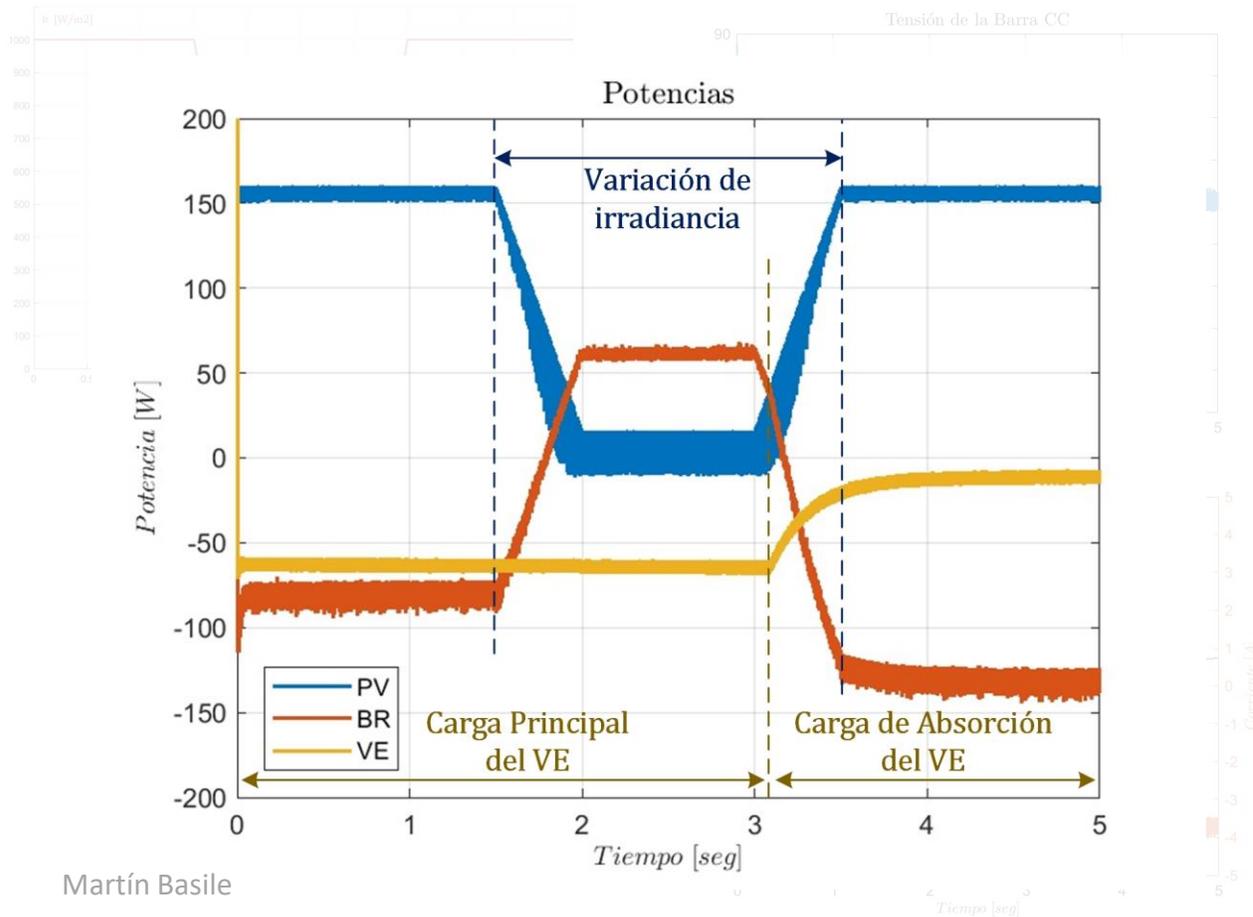


Simulación del sistema completo



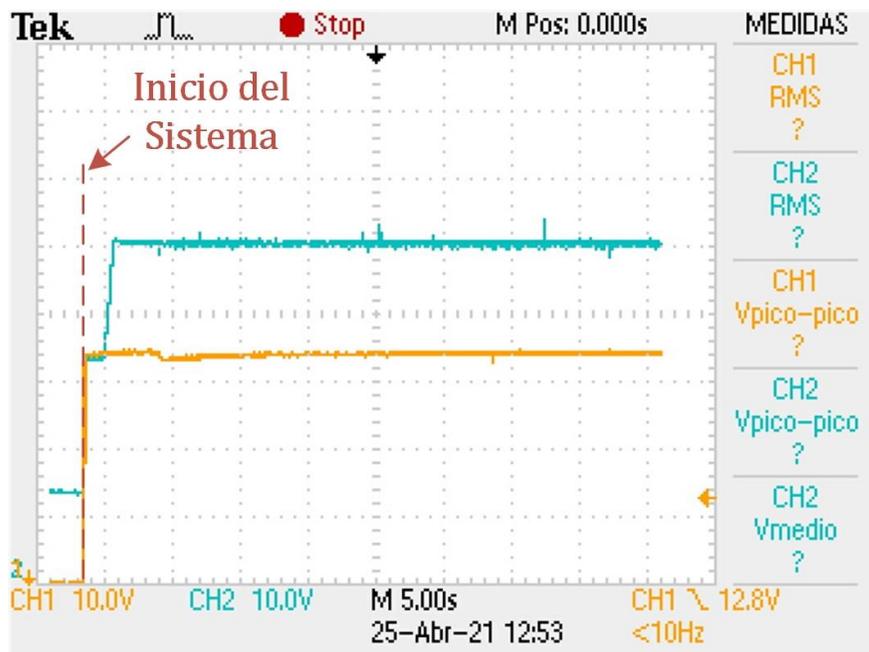
Simulación con cambio de irradiancia

Resultados obtenidos



Resultados experimentales

Resultados obtenidos



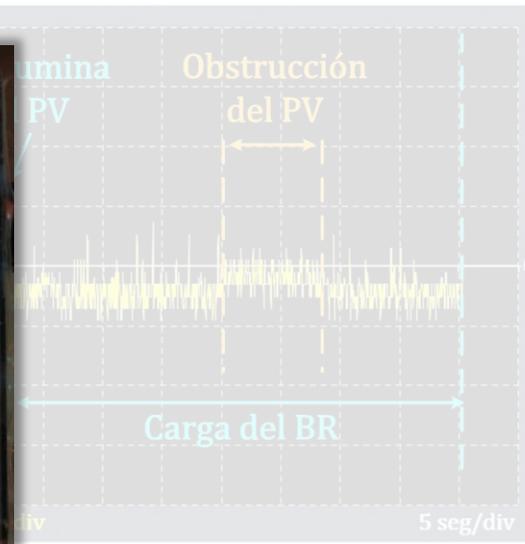
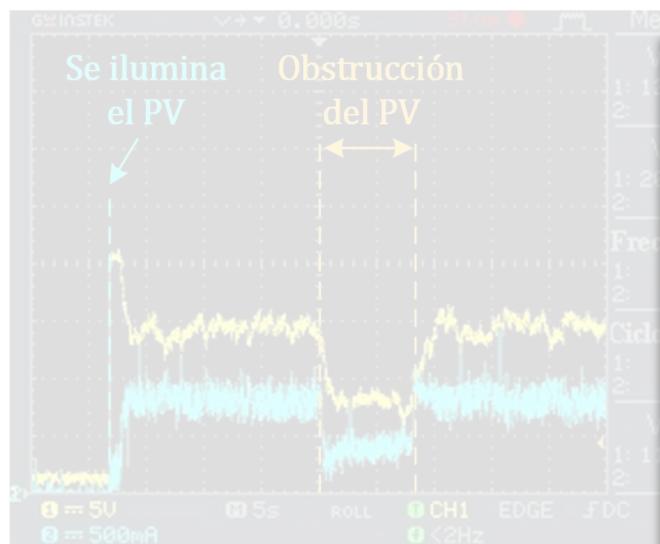
- Tensión del BR
- Tensión del Bus



Resultados experimentales



Resultados obtenidos



- Tensión del PV
- Corriente del PV

Corriente del BR

Resultados experimentales

Resultados obtenidos



Tek JL Stop M Pos: 0.000s MEDIDAS



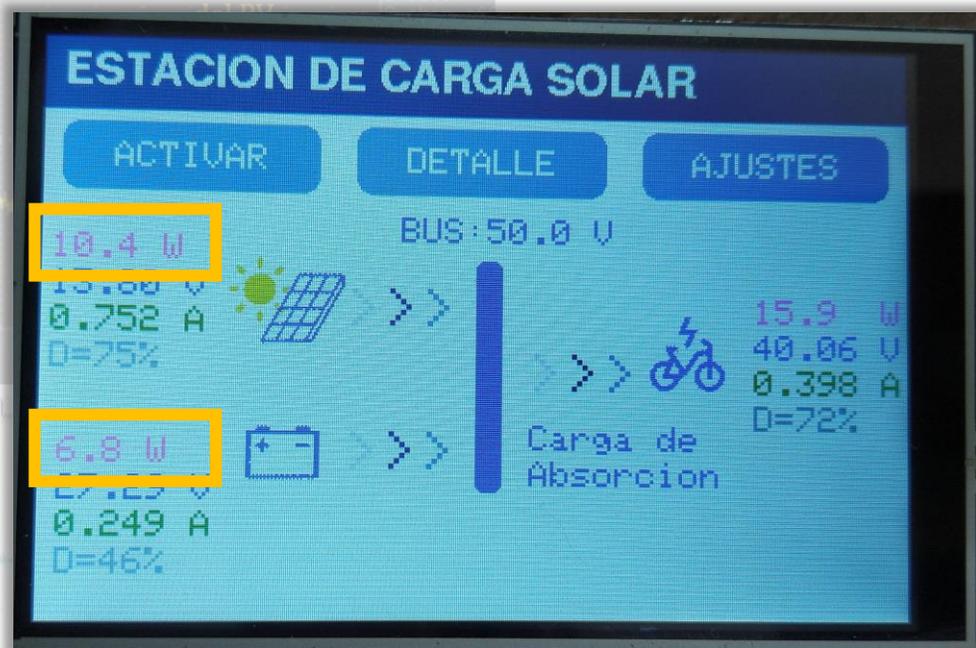
Carga Principal

Carga completa

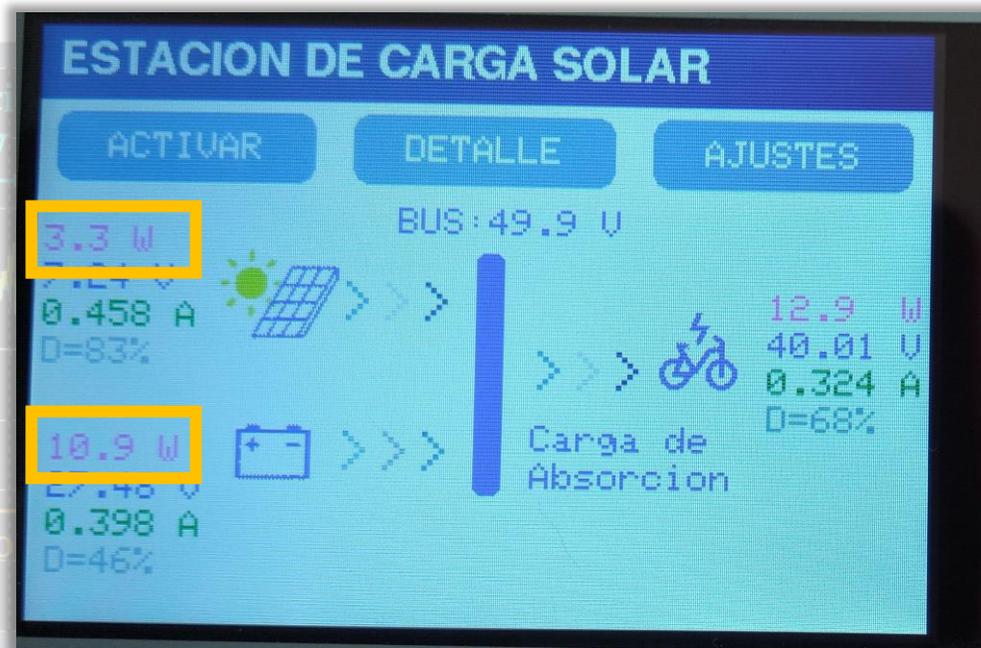
Carga de Absorción

Resultados experimentales

Resultados obtenidos



PV sin sombra



PV con sombra

Corriente del BR
Corriente del PV

Corriente del VE
Corriente del VE

Contenido

Introducción

Sistema propuesto

Implementación del sistema

Resultados obtenidos

➔ **Conclusiones y trabajos futuros**

Conclusiones

- ✓ Se diseñó e implementó una nueva versión funcional de la estación de carga solar para vehículos eléctricos pequeños.
- ✓ Se utilizó un panel de potencia mayor al triple que el trabajo precedente.
- ✓ Se incorporó un convertidor bidireccional que fija la tensión en el Bus y evita la conexión directa con las baterías de respaldo, favoreciendo su vida útil.
- ✓ El agregado de la pantalla TFT permitió conocer en todo momento el estado del sistema y sus componentes principales, a fin de favorecer la interacción más intuitiva y amigable entre el sistema y el usuario.
- ✓ Se verificó el funcionamiento del prototipo de estación de carga, efectuando ensayos y mediciones, utilizando como VE la bicicleta eléctrica del LCA.

Trabajos futuros

- Incrementar la capacidad de las baterías de respaldo para mejorar el desempeño del sistema.
- Incorporar un módulo Bluetooth y crear una aplicación para teléfono que se conecte al sistema tal que permita obtener información del mismo así como permitir su control y configuración.
- Agregar de un módulo que permita la carga de dispositivos móviles.



Universidad
Nacional de San Luis

Muchas gracias

Martín Basile

