

Implementación de controladores PID, lógica difusa y realimentación de estados usando tarjetas ESP32 y Arduino.

PROBLEMA

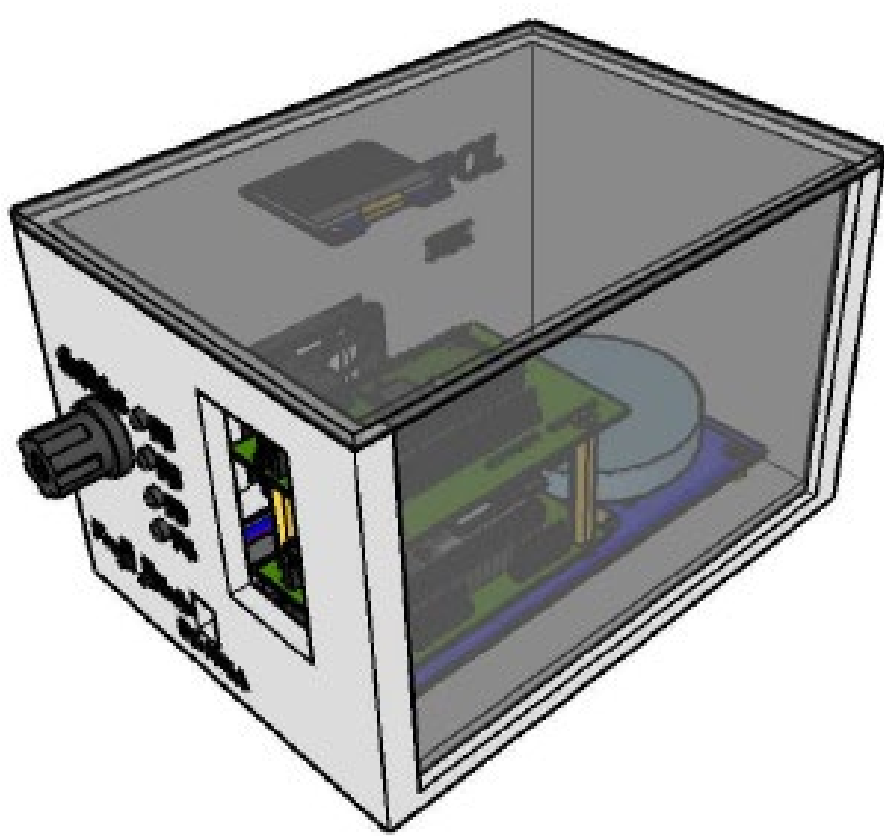
El laboratorio de sistemas de control de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación en ESPOL no dispone de un módulo programable que permita poner a prueba y medir el desempeño de distintos tipos de controladores diseñados por sus estudiantes; aplicado a plantas de procesos reales y basado en microcontroladores ESP32 y Arduino.

OBJETIVO GENERAL

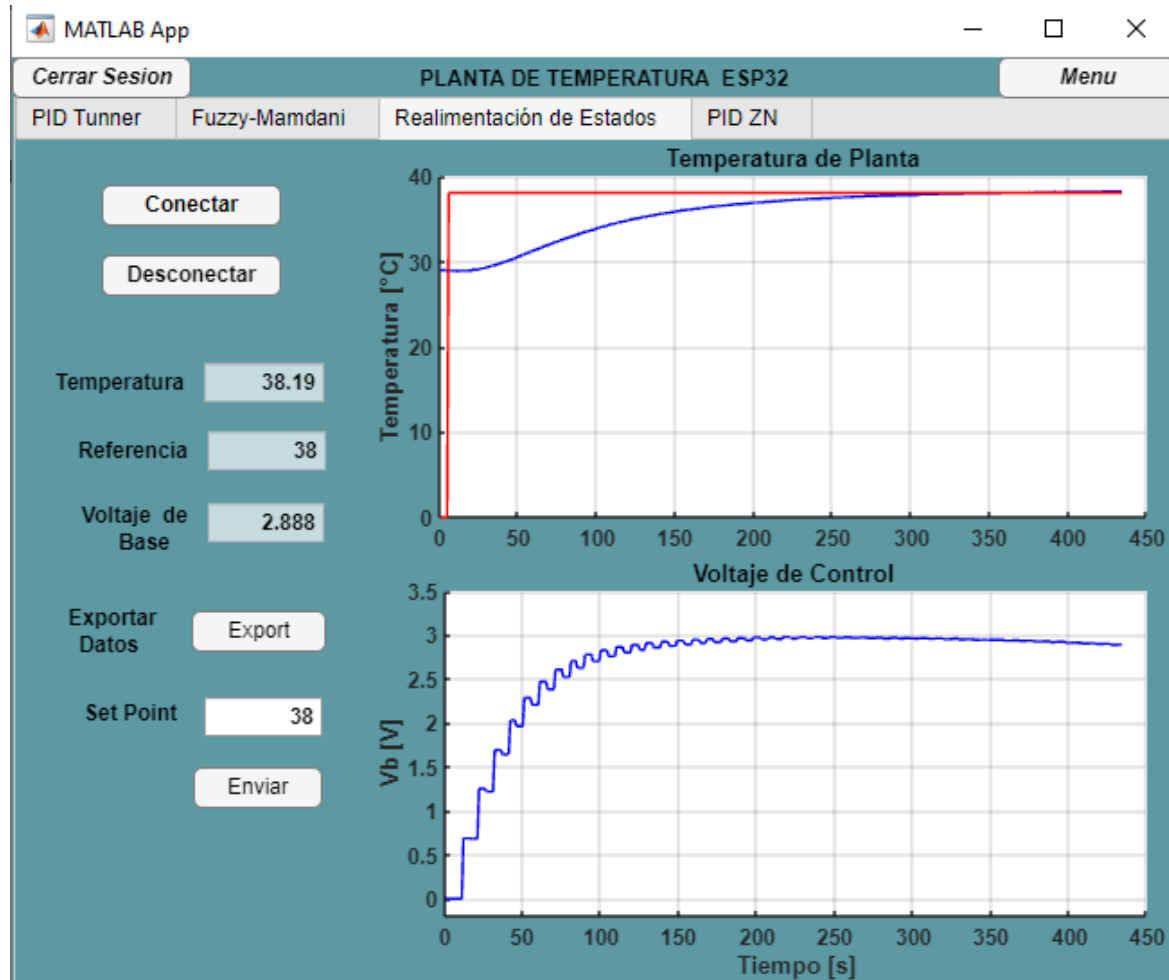
Diseñar e implementar un sistema embebido basado en microcontroladores ESP32 y Arduino que permitan poner a prueba los distintos tipos de controladores modernos diseñados en al menos dos plantas electrónicas.

PROPUESTA

Se propuso implementar tres tipos de controladores como base para prácticas y mejoras futuras de sistemas de control. Estos son los controladores PID, por lógica difusa y realimentación de estados usando las tarjetas ESP32 y Arduino. Adicionalmente, una interfaz gráfica que permite el monitoreo en tiempo real de los procesos de control de temperatura y control de velocidad de un motor DC.



Prototipo físico del equipo



Interfaz gráfica en AppDesigner

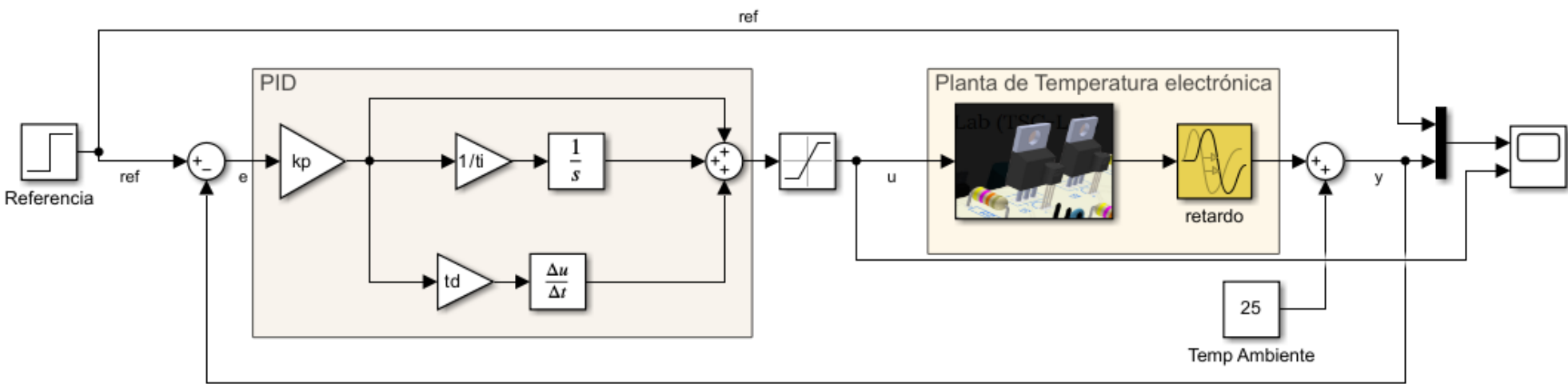


Diagrama de bloques de control PID

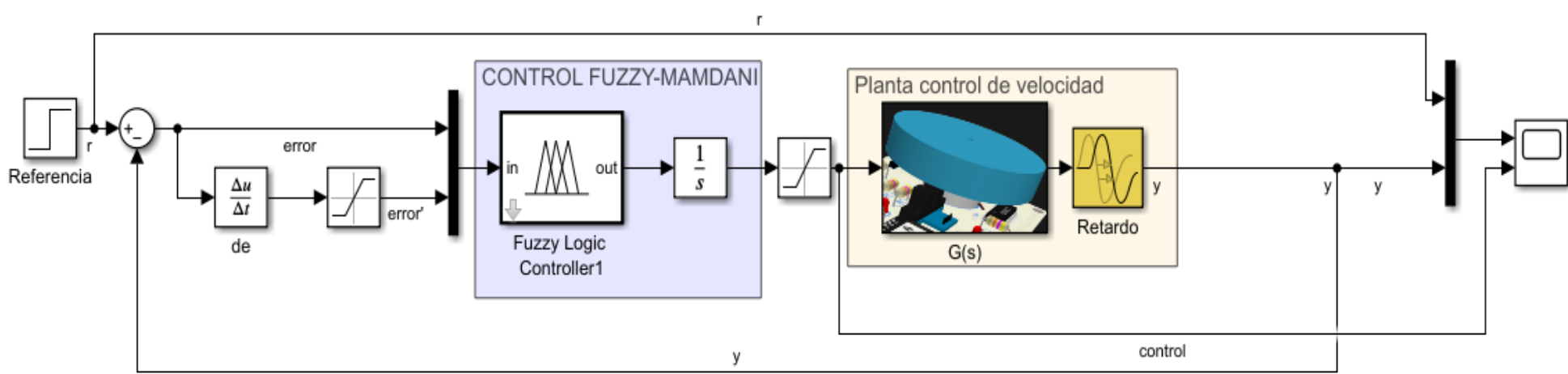


Diagrama de bloques de control Fuzzy-Mamdani

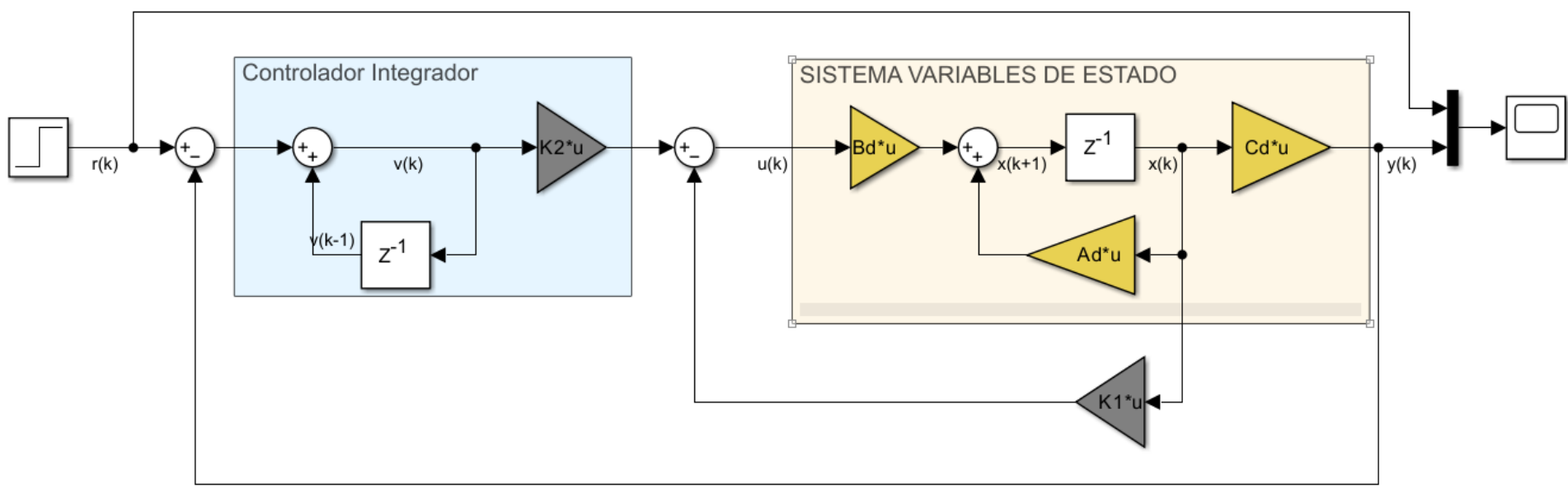
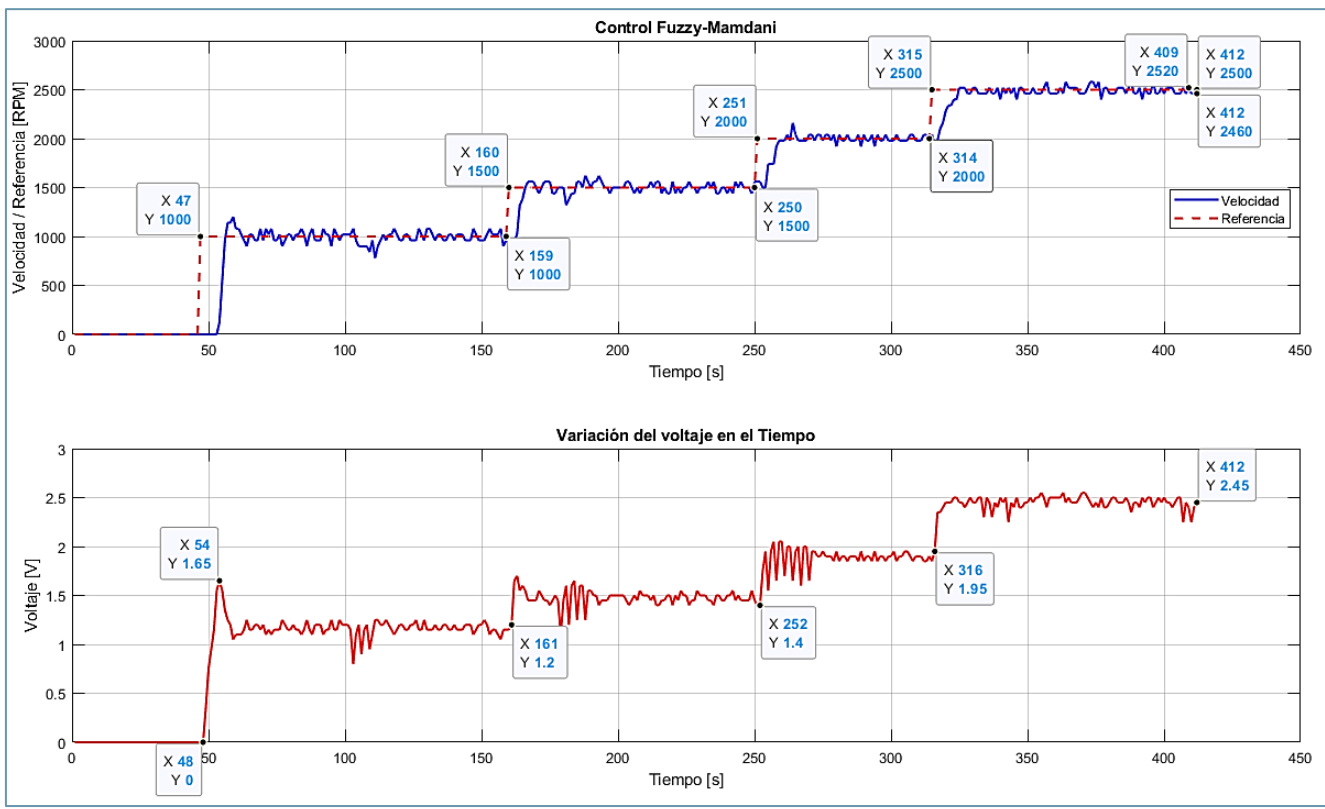


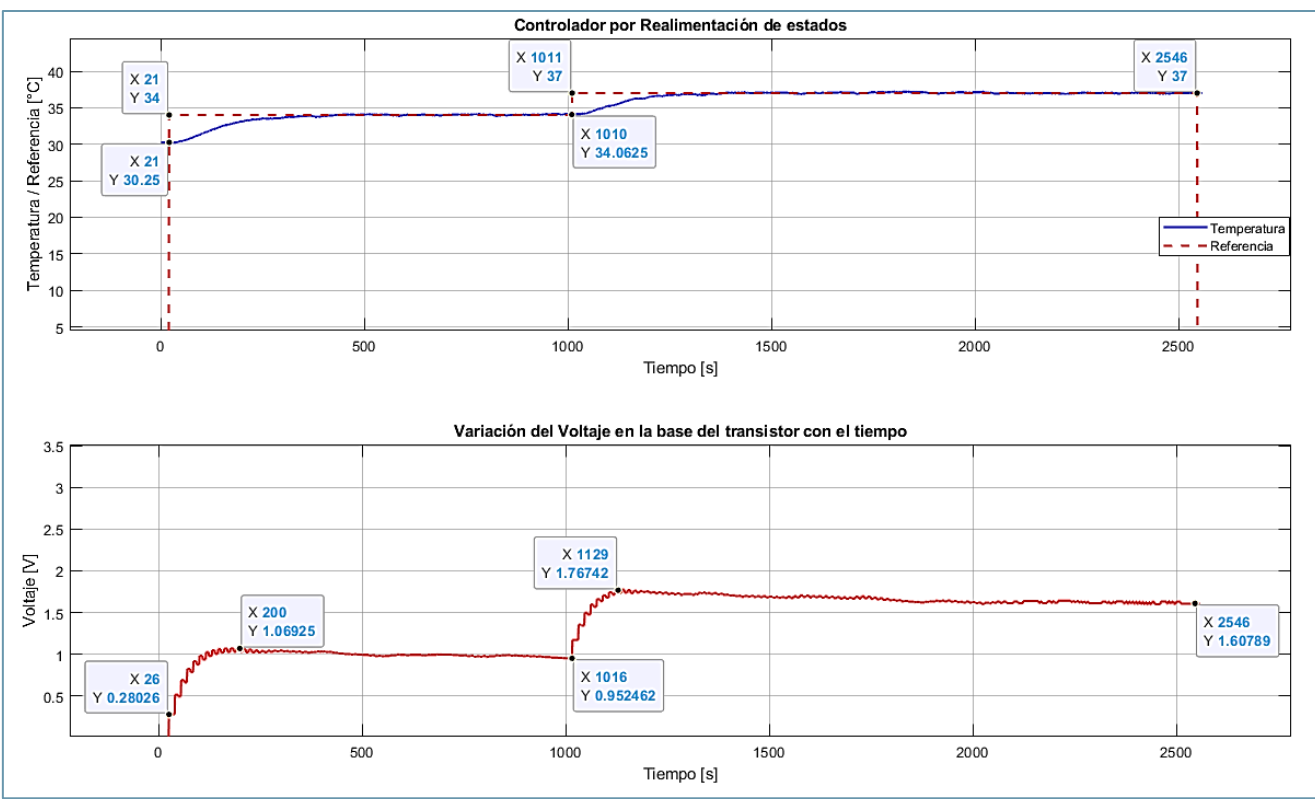
Diagrama de bloques de control por realimentación de estados.

RESULTADOS

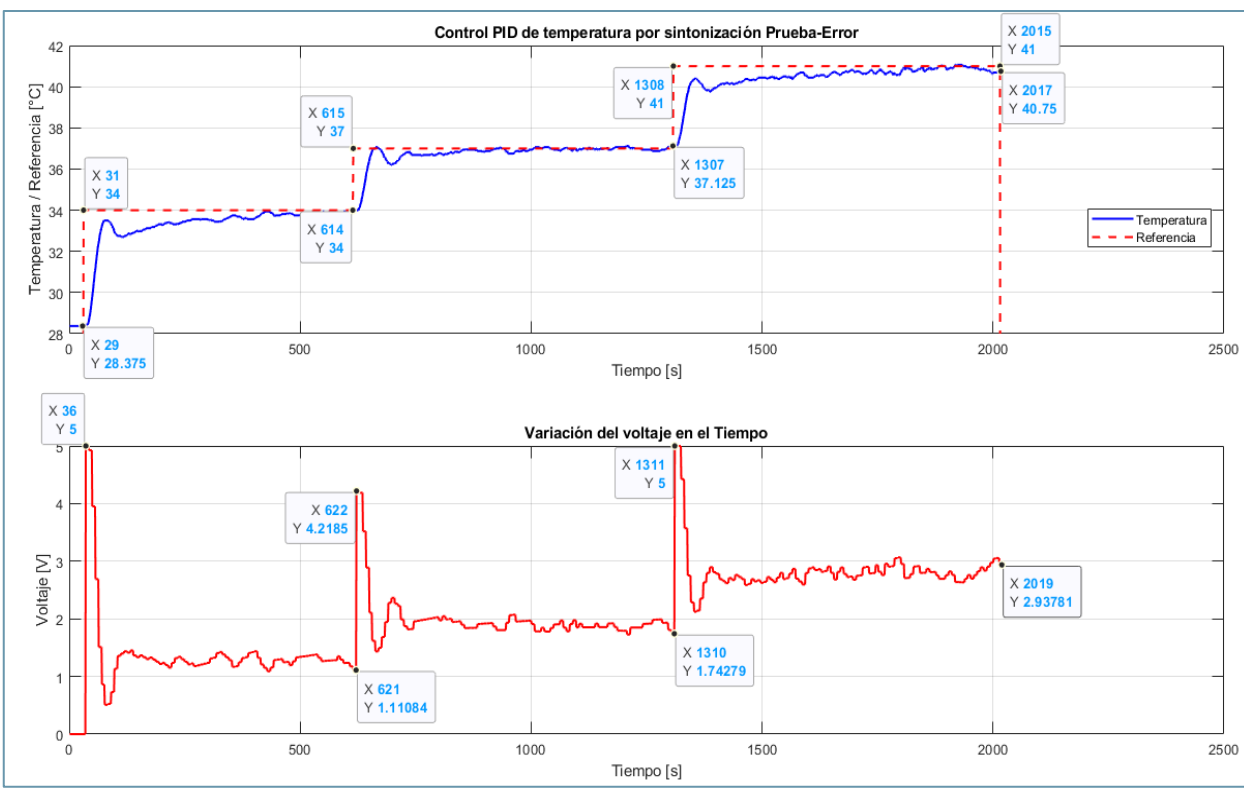
Los controladores diseñados e implementados en el dispositivo arrojan resultados dentro de un margen de error del 2%.



Control Fuzzy-Mamdani de velocidad en Arduino



Control por Realimentación de estados de temperatura en ESP32.



Control PID prueba-error de temperatura con Arduino

Índices desempeño/Temperatura ESP32	Prueba Error (PE)	Fuzzy-Mamdani (FM)	Realimentación de estados (RE)	Ziegler-Nichols (ZN)
Tiempo estabilización t_{ss} [s]	662	1449	1033	348
Tiempo de subida t_r [s]	270	238	289	38
Tiempo muerto t_θ [s]	10	25	24	10
Índices desempeño/Temperatura Arduino	Prueba Error (PE)	Fuzzy-Mamdani (FM)	Realimentación de estados (RE)	Ziegler-Nichols (ZN)
Tiempo estabilización t_{ss} [s]	488	840	522	509
Tiempo de subida t_r [s]	23	162	170	15
Tiempo muerto t_θ [s]	12	11	14	12

Índices desempeño/Velocidad Arduino	Prueba Error (PE)	Fuzzy-Mamdani (FM)
Tiempo estabilización t_{ss} [s]	19,74	34,00
Tiempo de subida t_r [s]	2,58	2,50
Valor pico máximo (M_p)	2160,00	1620,00
Tiempo pico t_p [s]	9,00	29,00
Sobrenivel Porcentual (%SP)	22,22	10,00
Tiempo muerto t_θ [s]	4,00	3,00

Índices desempeño/Velocidad ESP32	Prueba Error (PE)	Fuzzy-Mamdani (FM)
Tiempo estabilización t_{ss} [s]	17,50	21,34
Tiempo de subida t_r [s]	4,05	7,08
Valor pico máximo (M_p)	7,08	1620,00
Tiempo pico t_p [s]	17,00	38,00
Sobrenivel Porcentual (%SP)	11,11	11,11
Tiempo muerto t_θ [s]	8,00	7

CONCLUSIONES

- El dispositivo implementado permite interactuar y monitorear en tiempo real el desempeño de un proceso de control de temperatura y velocidad con precisión.
- Si bien los controladores Fuzzy-Mamdani y Realimentación de Estados pueden mostrar un comportamiento más lento en comparación con los controladores PID clásicos, ofrecen la ventaja de un menor consumo de corriente.
- Los controladores diseñados de temperatura arrojan resultados más precisos al ser un proceso lento, mientras que los de velocidad muestran variaciones generadas por ruido electrónico en la toma de datos del encoder óptico ya que es un proceso rápido.