



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA TEMPERATURA DE FLUJO DE AIRE MEDIANTE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE PARA SU USO DIDÁCTICO EN EL APRENDIZAJE DE CONTROL AUTOMÁTICO

Autores:

Galo Geovanny Chacón Galarza

Víctor Alfonso Tapia Tapia

Tutor:

Ing. Marco Pilatásig

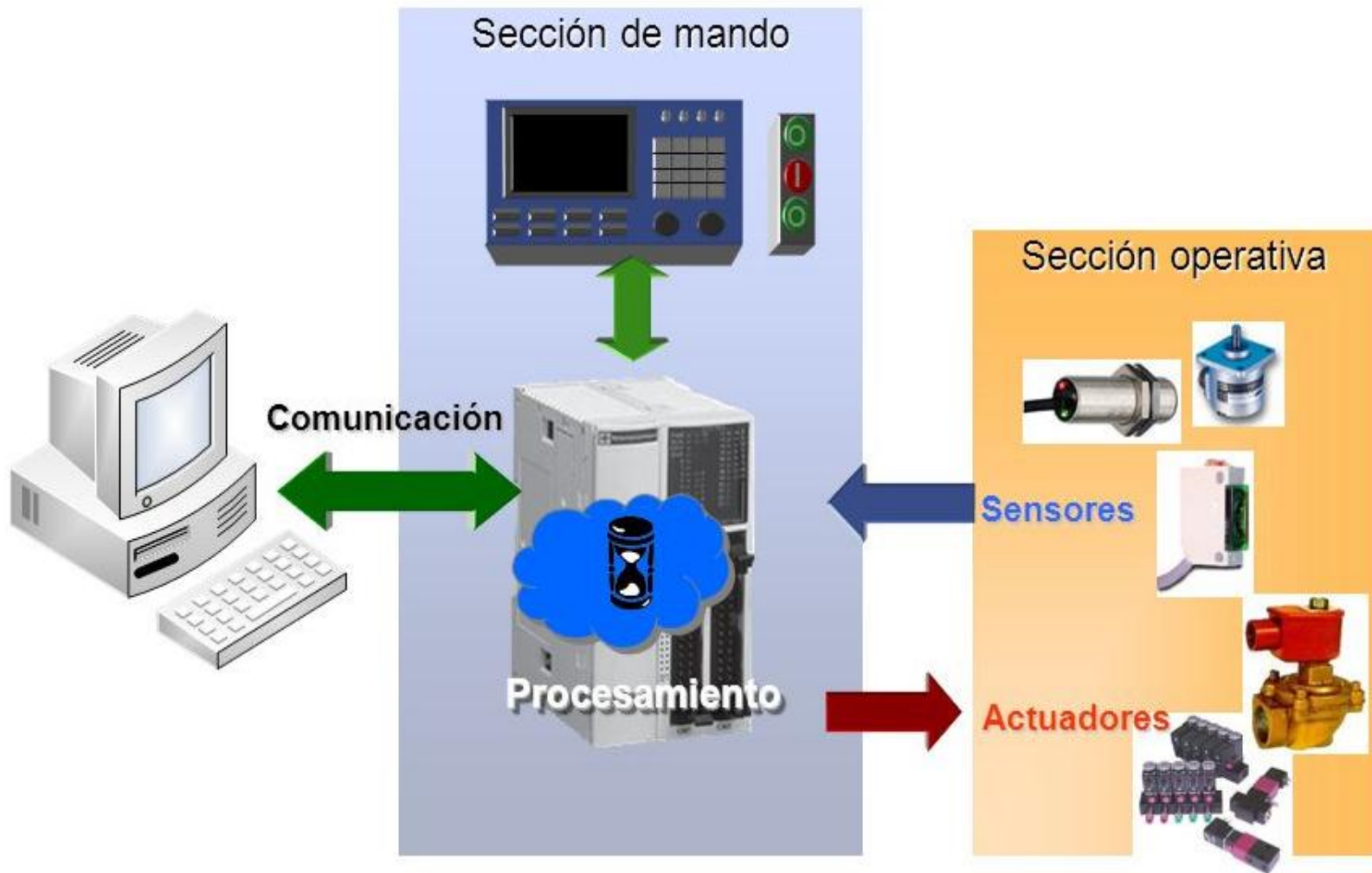


ANTECEDENTES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo y control de la temperatura de flujo de aire mediante hardware y software libre para su uso didáctico en el aprendizaje de control automático.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar la factibilidad de la implementación de controladores avanzados en la tarjeta de desarrollo así como conocer el procedimiento de conexión de las mismas.

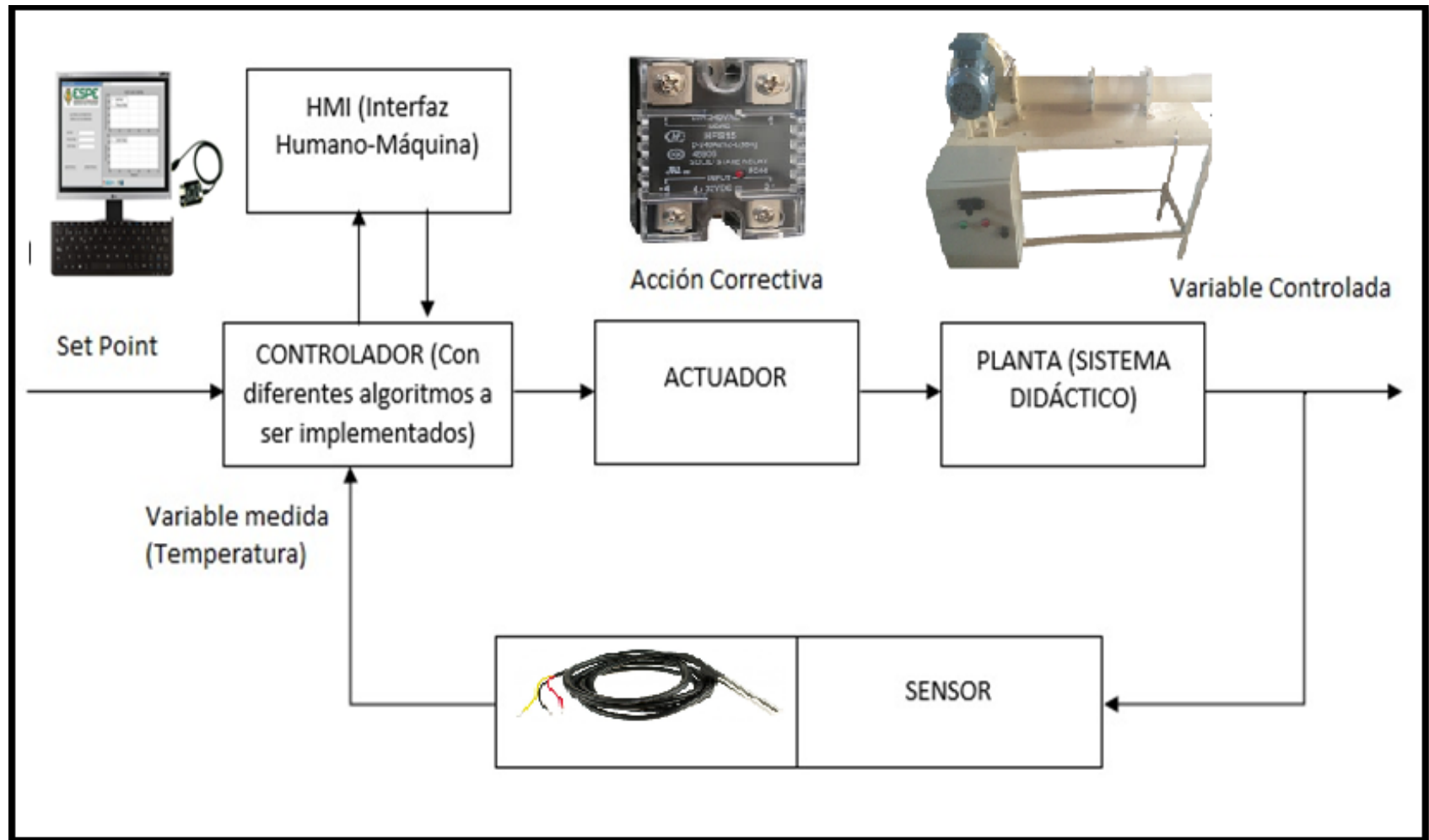
Implementar un sistema didáctico de temperatura de flujo de aire.

Desarrollar los algoritmos de control clásico y avanzados en la tarjeta de desarrollo y la interfaz gráfica para el monitoreo y control de la temperatura de flujo de aire.

Realizar las pruebas requeridas con el óptimo funcionamiento de los controladores y sus correspondientes evaluaciones.



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



ELEMENTOS DE LA PLANTA

*Variador de Frecuencia
Siemens Sinamics G110*

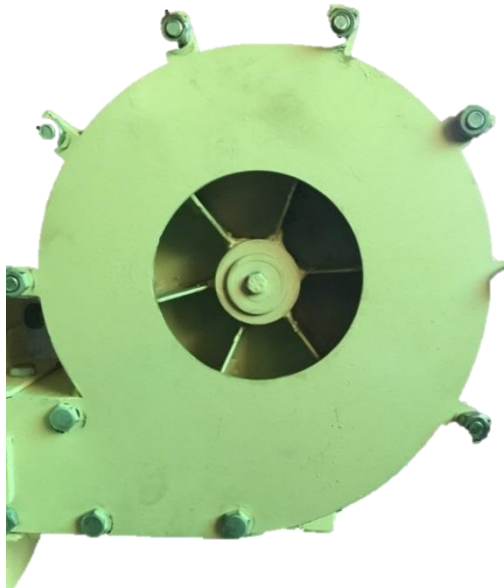


Motor Trifásico ABB



ELEMENTOS DE LA PLANTA

Ventilador
Radial



Centrífugo

Palas

Resistencia Calefactora



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ELEMENTOS DE LA PLANTA

Ducto de Aire



Sensor DS18B20



Relé de Estado Sólido HFS15



HARDWARE Y SOFTWARE

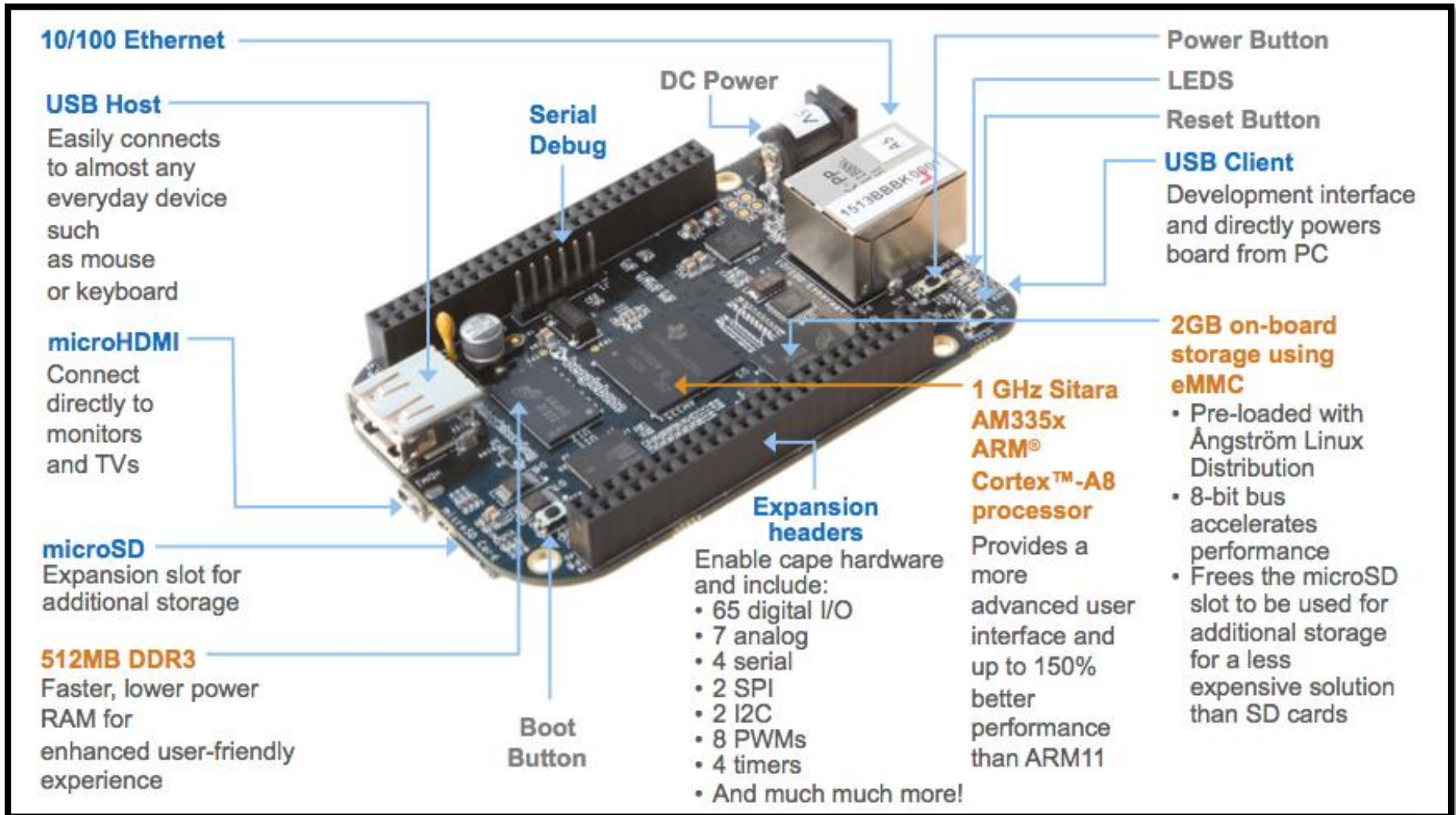
Beaglebone Black



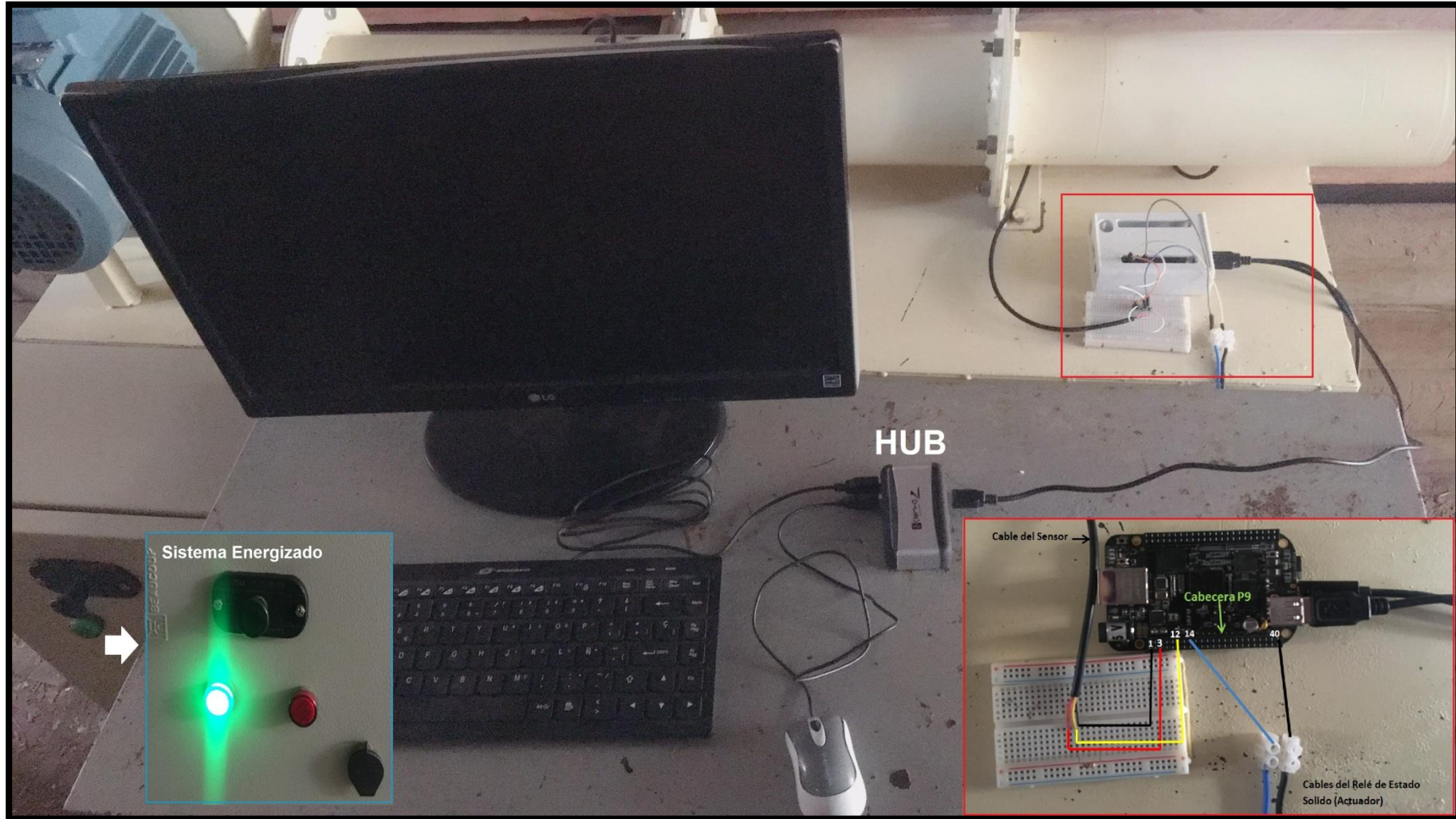
Teclado, monitor y ratón



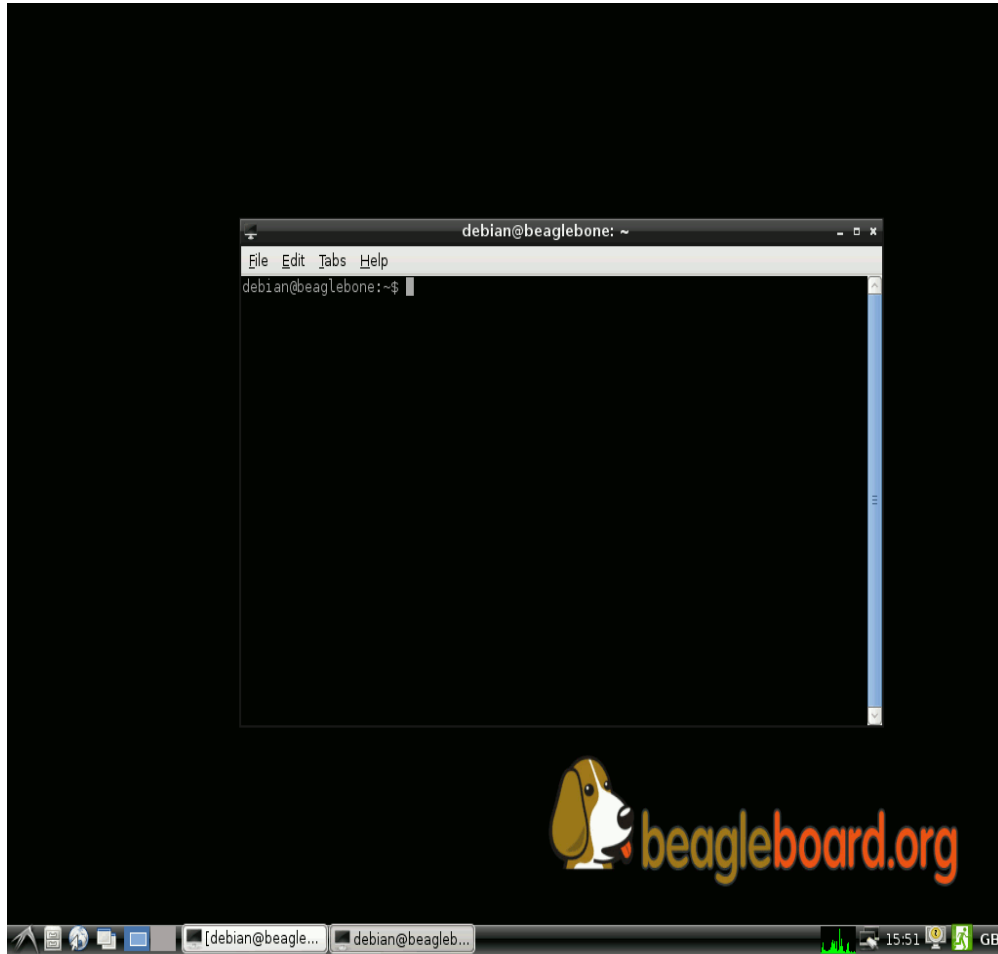
BEAGLEBONE BLACK



CONEXIONES DEL SISTEMA



SISTEMA OPERATIVO Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

LIBRERÍAS UTILIZADAS



Tkinter

- sudo apt-get install python-tk



NumPy

- sudo pip install numpy



Matplotlib

- sudo pip install matplotlib



Adafruit

- sudo pip install Adafruit_BBIO

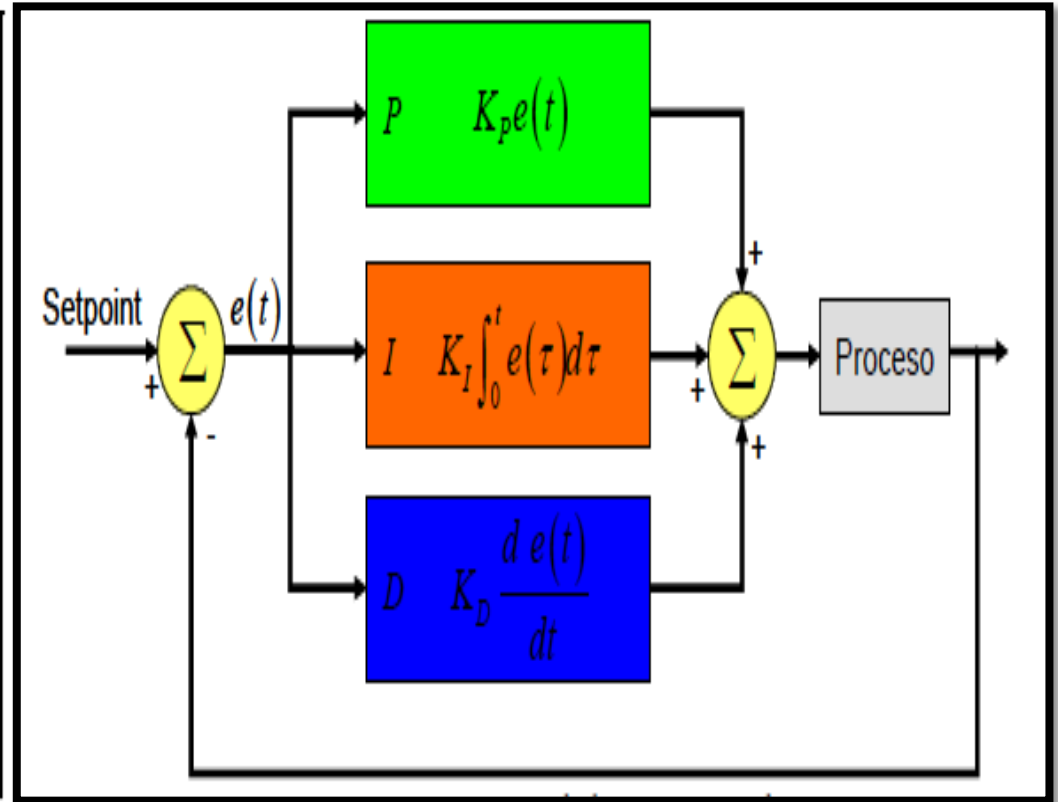
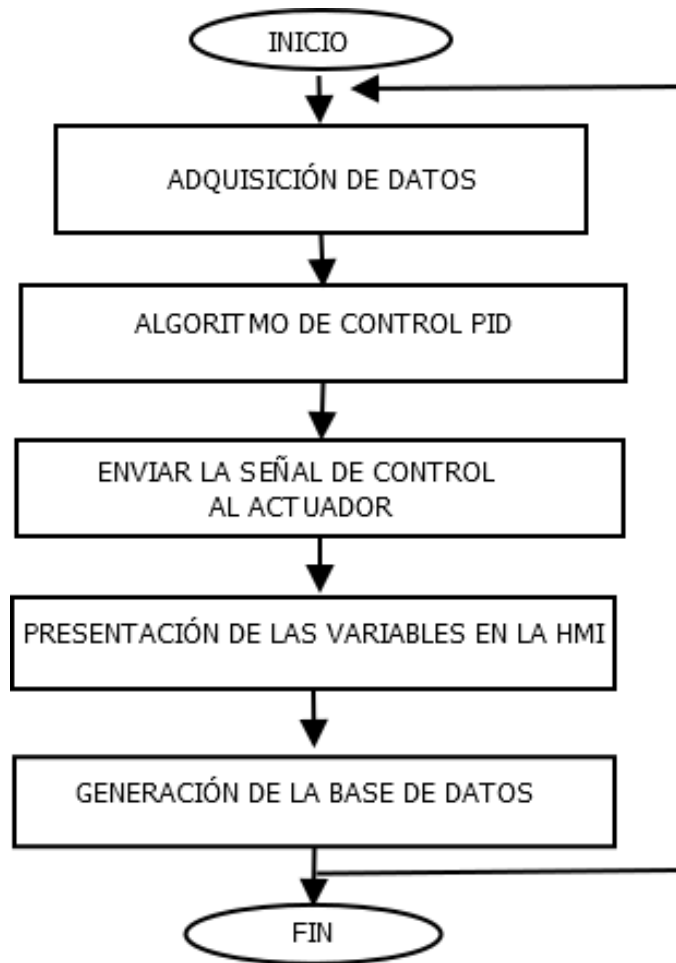


Scikit-fuzzy

- Sudo pip install scikit-fuzzy



CONTROL PID



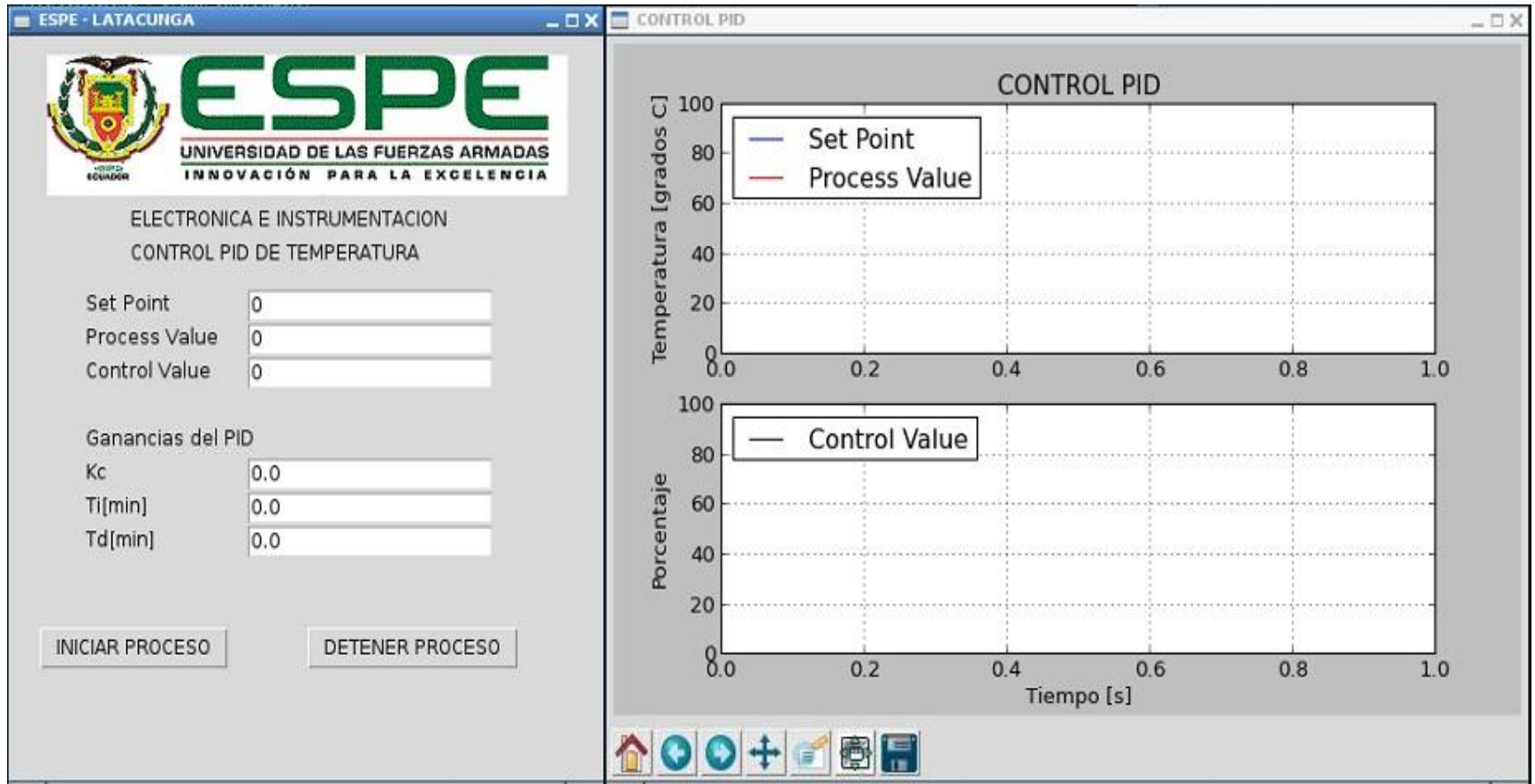
SINTONIZACIÓN - CONSTANTES

Tipo de Controlador	K_P	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

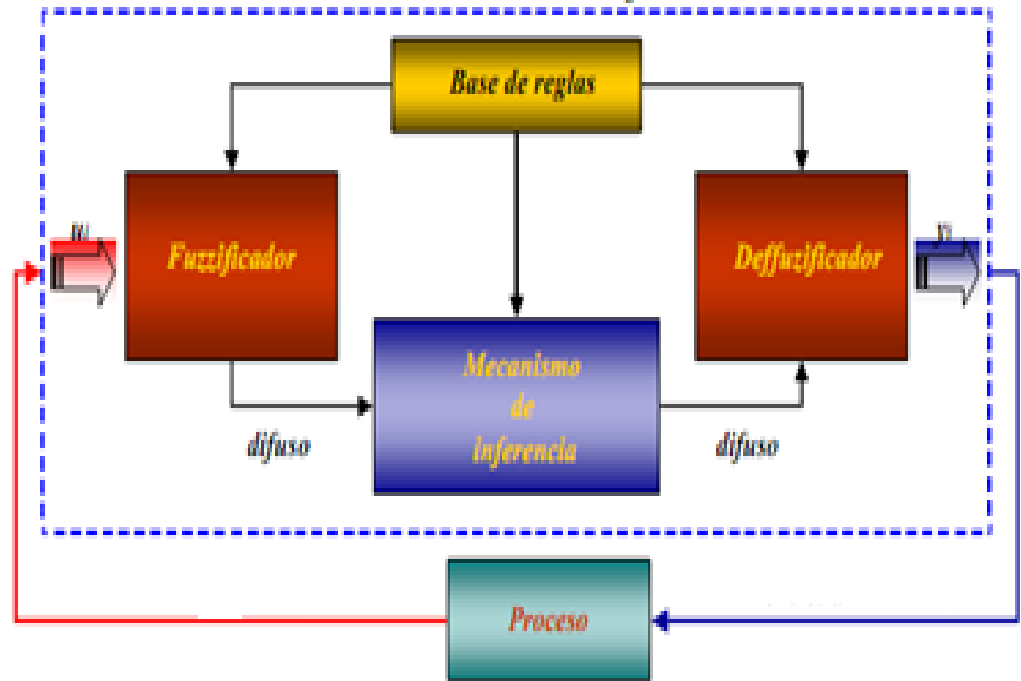
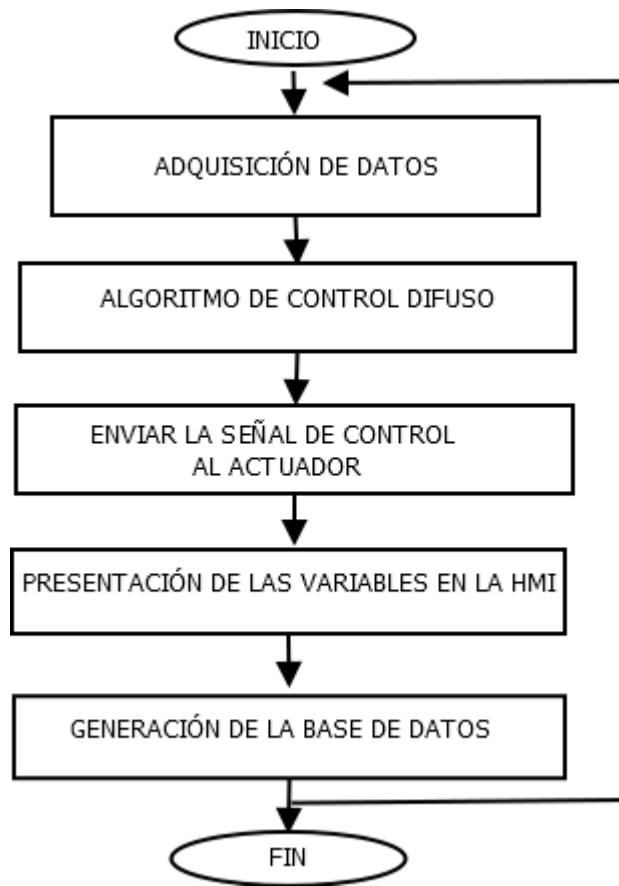
Constante	Valor	Dimensión
KP	1.5	[adim]
Ti	0.09	[min]
Td	0.03	[min]



HMI- CONTROL PID



CONTROL DIFUSO



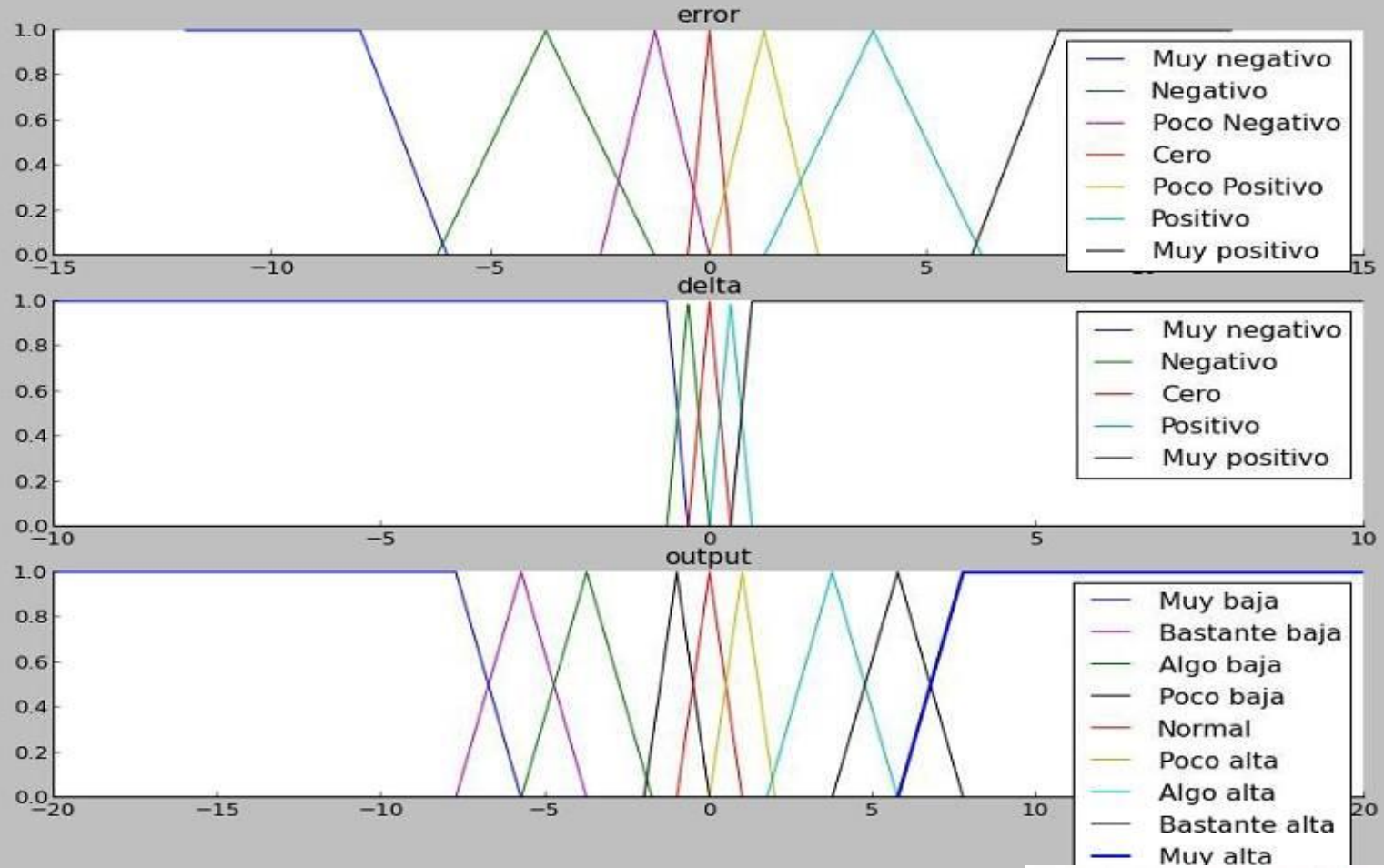
BASE DE REGLAS

Derivada del Error

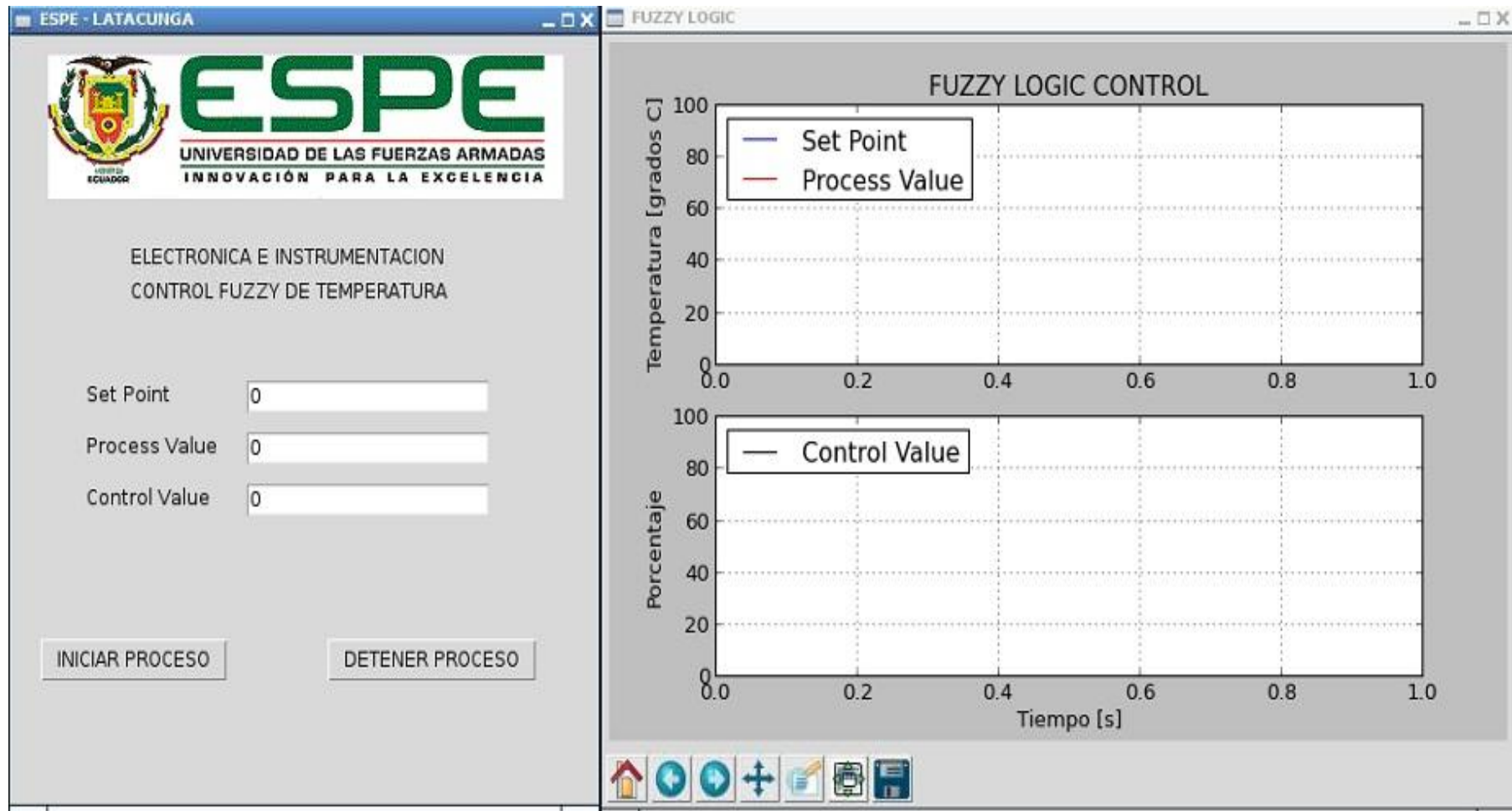
		Muy Negativo	Negativo	Cero	Positivo	Muy Positivo
Error	Muy Negativo	Muy Baja	Bastante Baja	Poco Baja	Normal	Normal
	Negativo	Bastante Baja	Algo Baja	Poco Baja	Normal	Normal
	Poco Negativo	Algo Baja	Poco Baja	Normal	Poco Alta	Poco Alta
	Cero	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Poco Positivo	Poco Baja	Poco Baja	Normal	Poco Alta	Algo Alta
	Positivo	Normal	Normal	Poco Alta	Algo Alta	Bastante Alta
	Muy Positivo	Normal	Normal	Poco Alta	Bastante Alta	Muy Alta



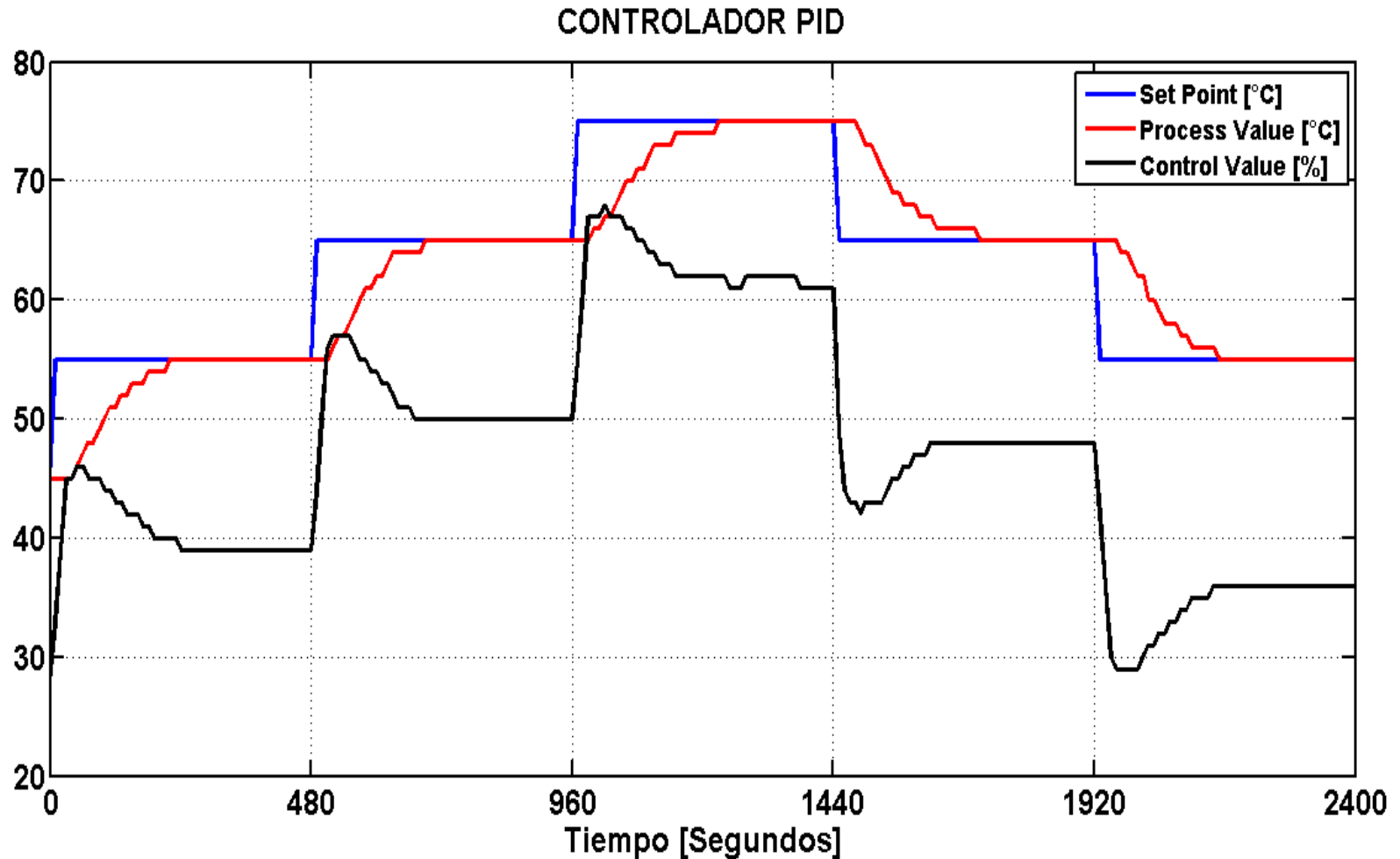
CONJUNTOS DIFUSOS



HMI - CONTROL DIFUSO

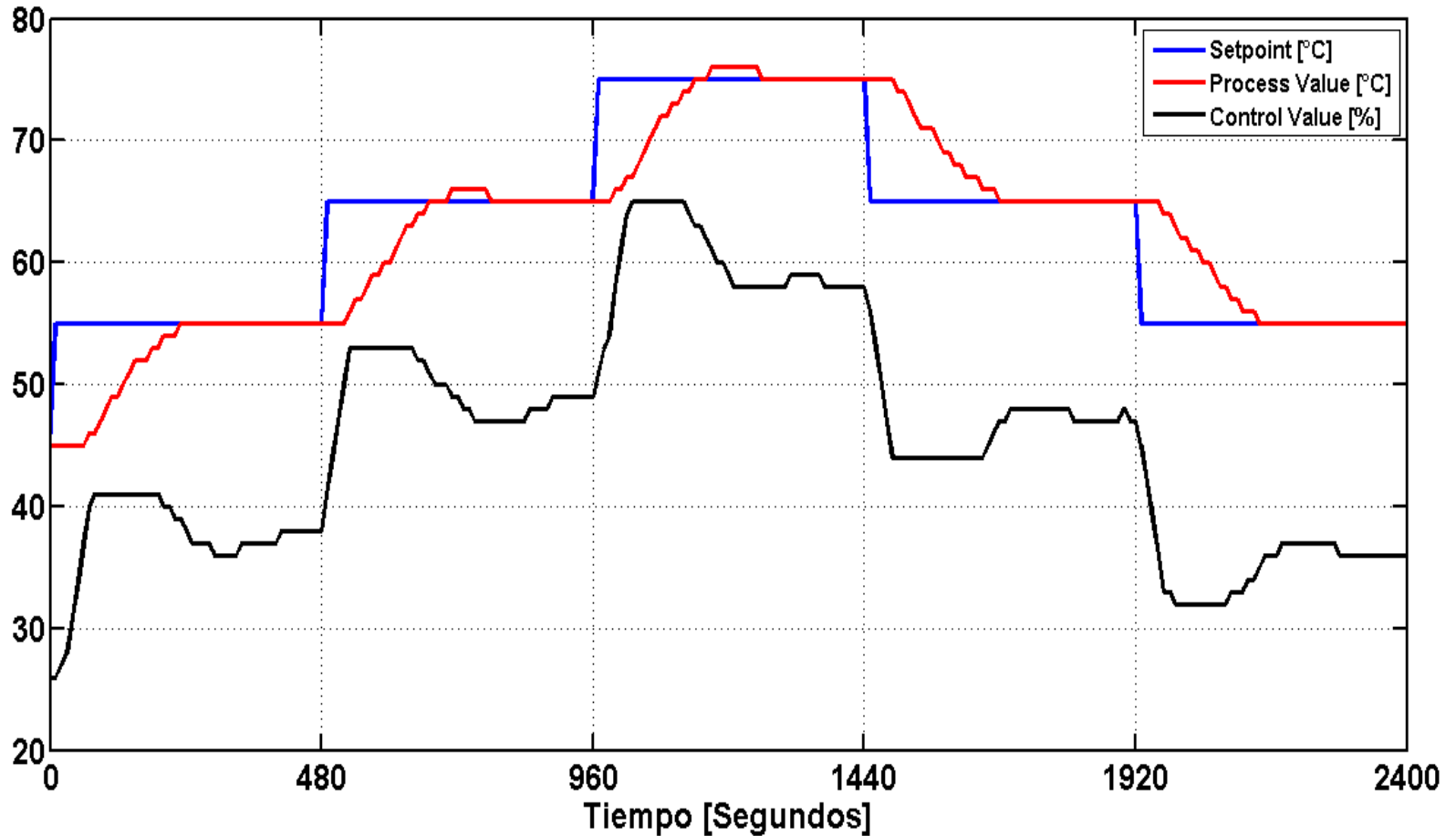


RESULTADOS BEAGLEBONE BLACK

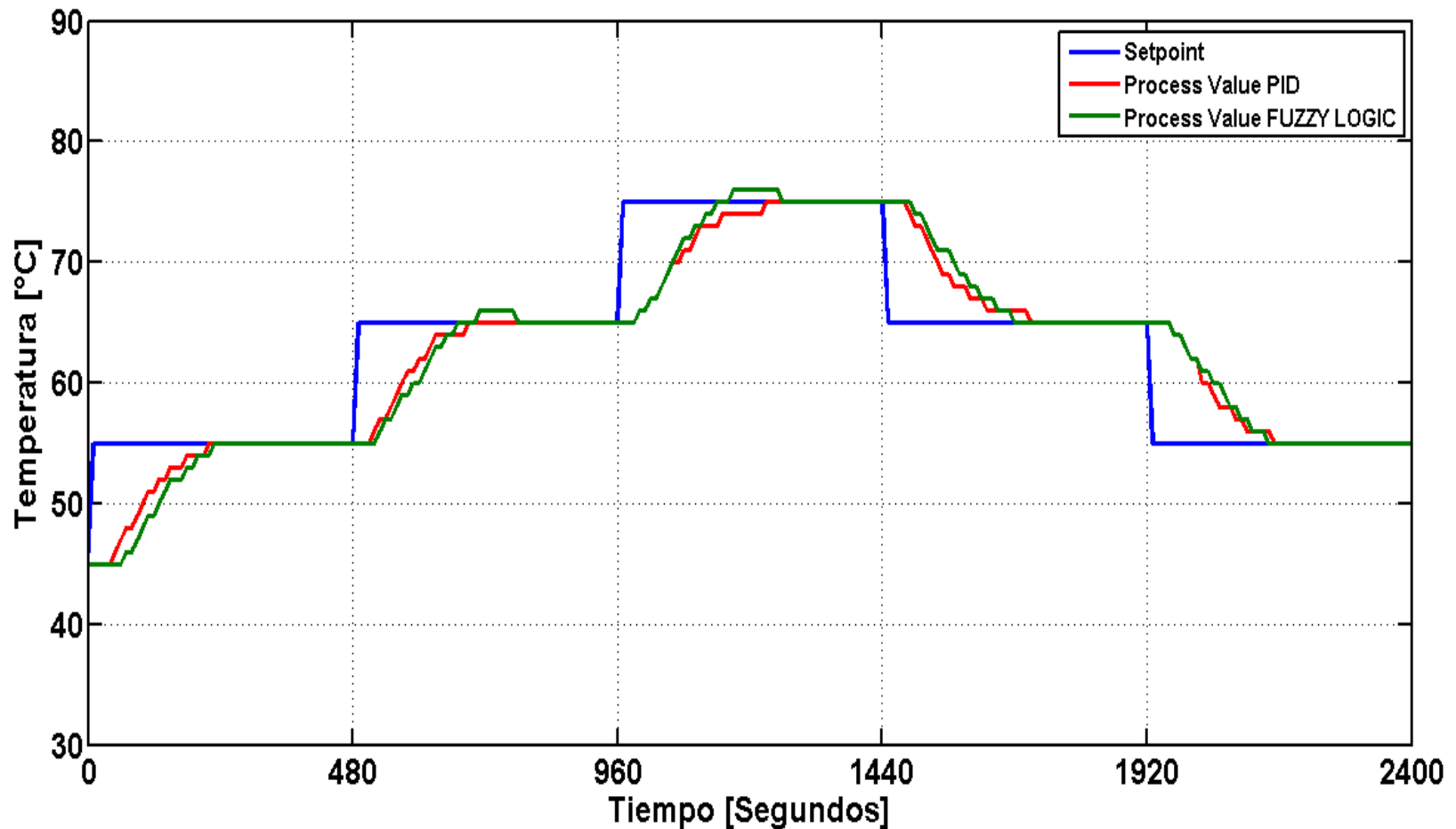


RESULTADOS BEAGLEBONE BLACK

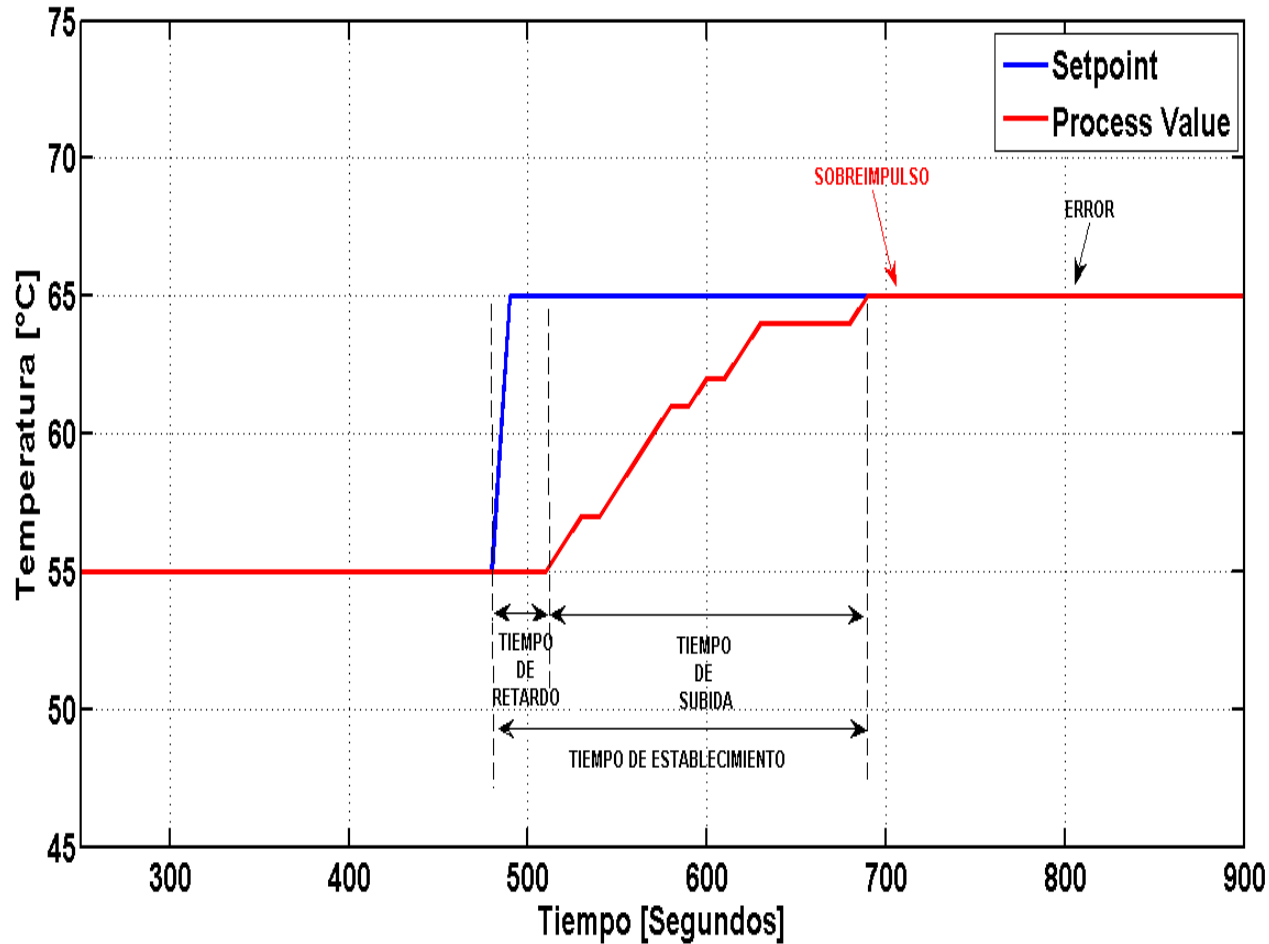
CONTROLADOR FUZZY LOGIC



COMPARACIÓN PV - BEAGLEBONE BLACK



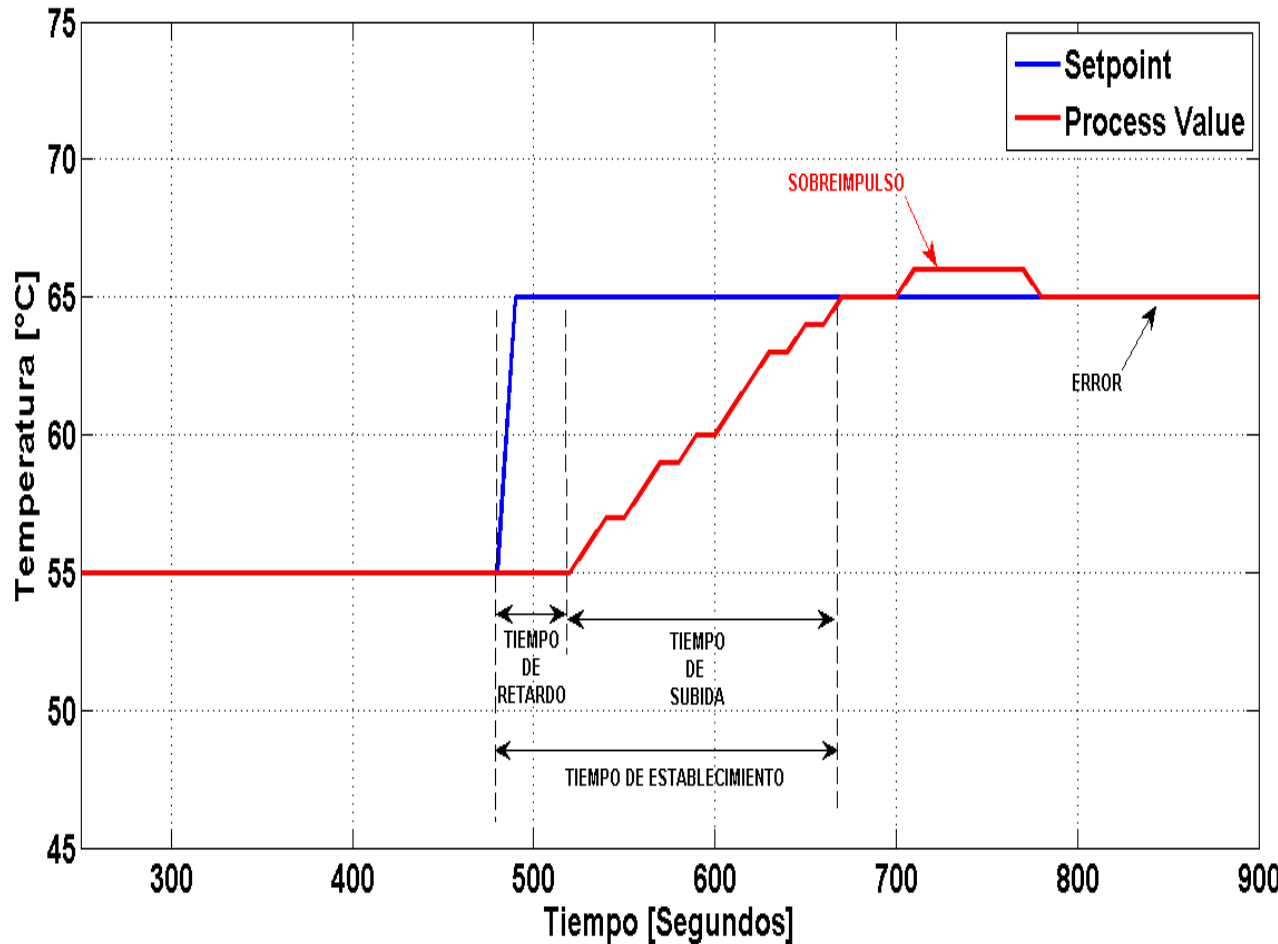
PARÁMETROS DEL CONTROL PID BEAGLEBONE BLACK



PARÁMETROS	PID
Sobre impulso	0%
Tiempo de Retardo	30 seg
Tiempo de Subida	180 seg
Tiempo de Establecimiento	210 seg
Error	0%

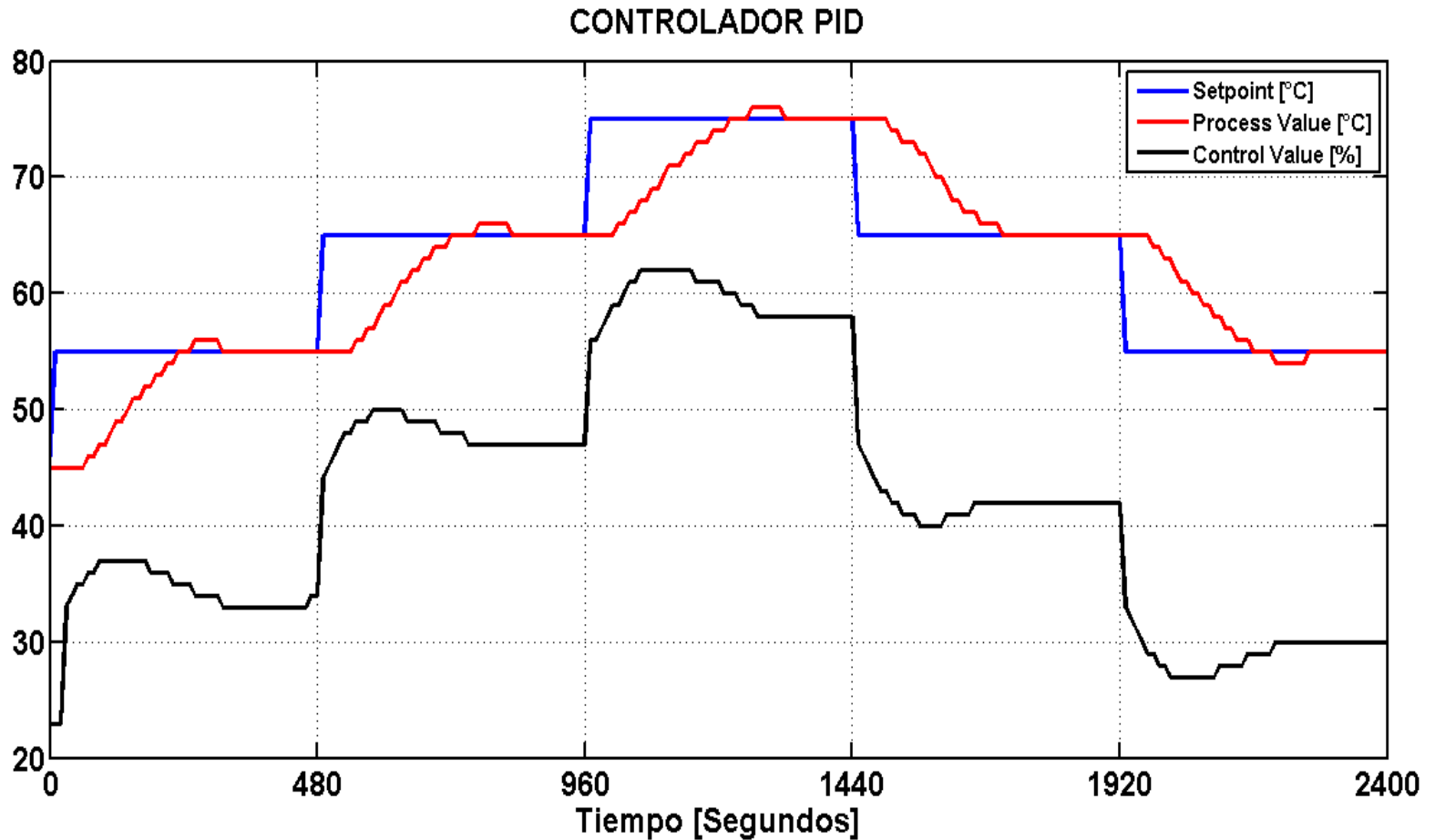


PARÁMETROS DEL CONTROL DIFUSO BEAGLEBONE BLACK

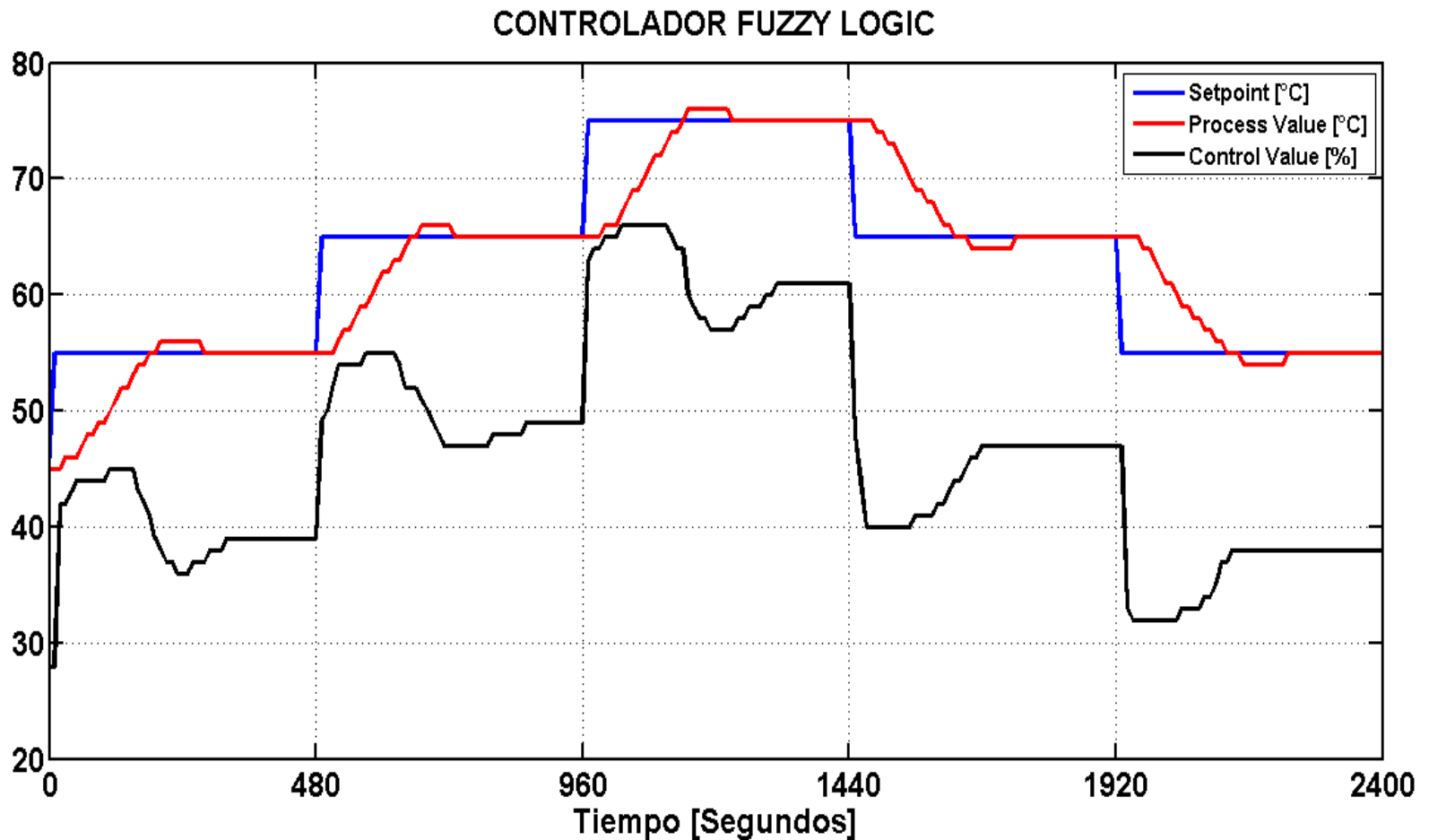


PARÁMETROS	FUZZY
Sobre impulso	10%
Tiempo de Retardo	45 seg
Tiempo de Subida	170 seg
Tiempo de Establecimiento	280 seg
Error	0%

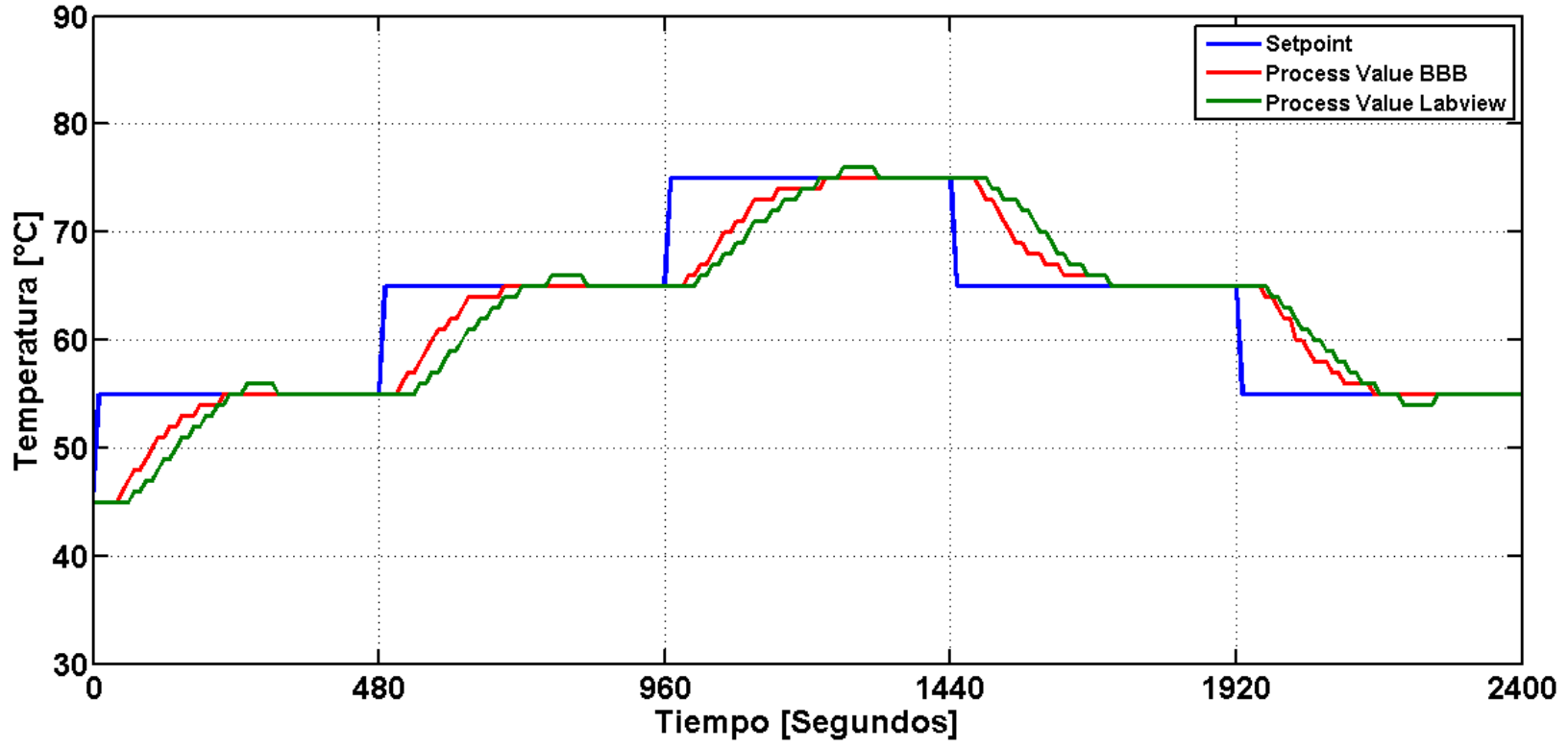
RESULTADOS LABVIEW



RESULTADOS LABVIEW



COMPARACIÓN PID DE PV (BBB – LABVIEW)



COMPARACIÓN DIFUSO DE PV (BBB – LABVIEW)

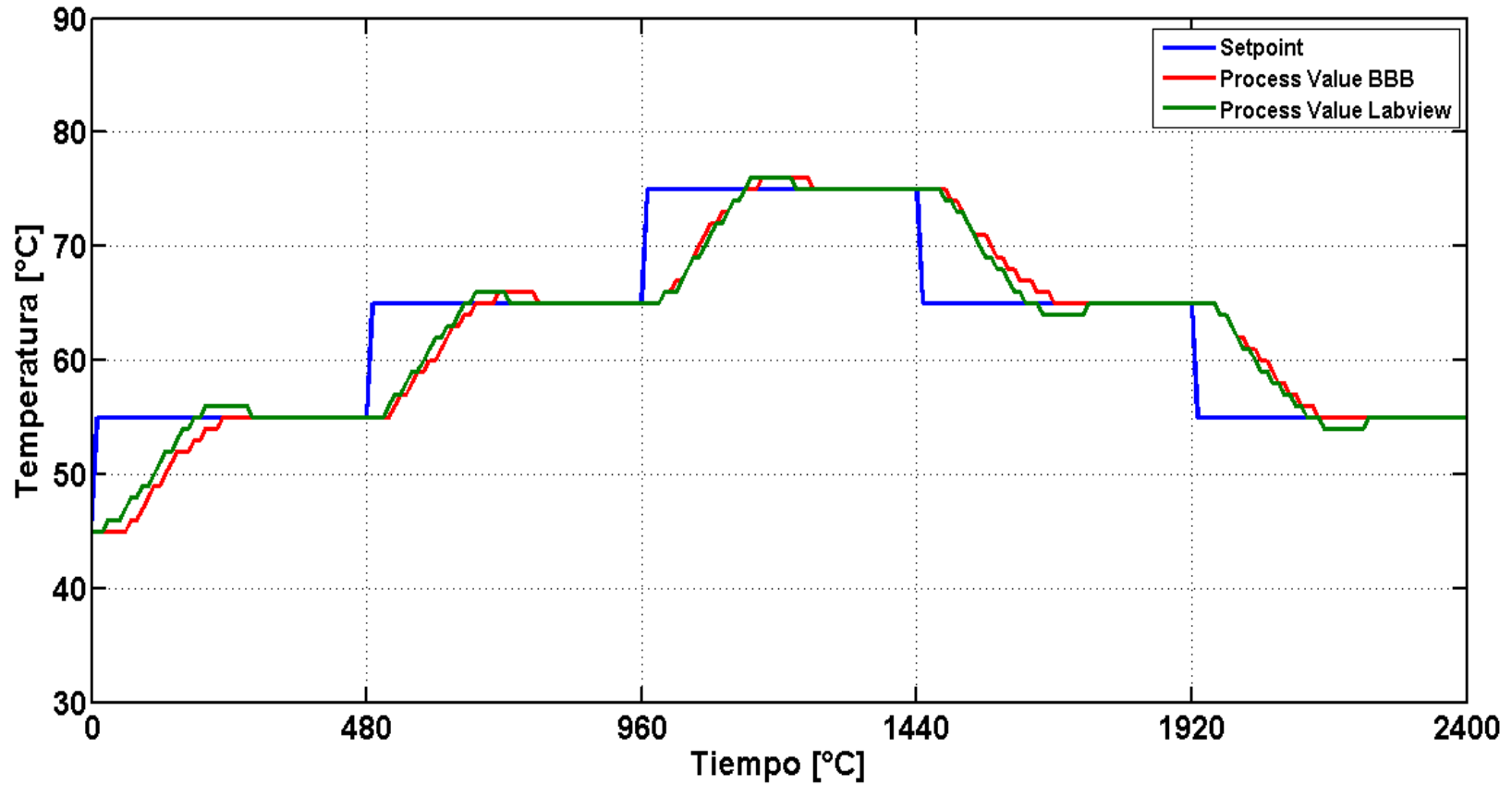


TABLA COMPARATIVA DE PARÁMETROS BEAGLEBONE BLACK VS LABVIEW

PARÁMETROS	PID		DIFUSO	
	Beaglebone Black	Labview	Beaglebone Black	Labview
Sobre impulso	0%	10%	0%	10%
Tiempo de Retardo	30 seg	40 seg	45 seg	35 seg
Tiempo de Subida	180 seg	170 seg	170 seg	155 seg
Tiempo de Establecimiento	210 seg	300 seg	230 seg	270 seg
Error	0%	0%	0%	0%



CONCLUSIONES

La implementación del sistema de monitoreo y control de la temperatura de flujo de aire, ayuda a los estudiantes a familiarizarse con los procesos industriales específicamente con la variable muy utilizada como es la temperatura, aportando a la consolidación del estudio del control automático, temas existentes dentro de la formación académica de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación

El sistema sirve como herramienta de aprendizaje en el estudio y desarrollo de sistemas de control clásicos como el PID y el diseño de controles avanzados como la Lógica Difusa.

En la tarjeta Beaglebone Black se puede realizar el diseño e implementación de controladores, los mismos que pueden resultar no tan efectivos debido a la poca capacidad de procesamiento de la tarjeta.



CONCLUSIONES

El tiempo de procesamiento de la tarjeta Beaglebone Black es lento, debido a que para ejecutar instrucciones de control, interfaz gráfica y la salida de los resultados produce un retardo en este proceso.

El uso del hardware libre permite la integración de varios dispositivos para una solución integral sin que esto afecte al producto final de la aplicación en desarrollo.

Se evidenció que en la ejecución de los algoritmos de control tanto para el PID como para el Difuso, el lenguaje de programación más adecuado para la implementación dentro del sistema embebido Beaglebone Black es Python, ya que presenta facilidad en la escritura, tiene flexibilidad respecto al uso de librerías, declaración de variables y además por la baja demanda de recursos computacionales.



RECOMENDACIONES

Utilizar la versión Python 2 ya que en ella existen una mayor variedad de recursos que permiten mayor facilidad para la programación.

Las condiciones de diseño de la resistencia calefactora se las debe hacer de acuerdo a las necesidades de la aplicación en desarrollo.

Realizar una interfaz gráfica de fácil acceso para que de esta manera el usuario no tenga inconvenientes para interactuar con la misma. .

Para el uso del sistema se recomienda usar protecciones tanto para el motor como el variador de frecuencia para posibles sobrecargas externas, así como el uso de un paro general para protección del sistema.

Hacer uso del sensor adecuado, que tenga la precisión y la exactitud necesaria para que no exista inconvenientes con la toma de datos y por lo tanto con los controles desarrollados





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA TEMPERATURA DE FLUJO DE AIRE MEDIANTE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE PARA SU USO DIDÁCTICO EN EL APRENDIZAJE DE CONTROL AUTOMÁTICO

Autores:

Galo Geovanny Chacón Galarza

Víctor Alfonso Tapia Tapia

Tutor:

Ing. Marco Pilatásig

