



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TEMA: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE E/S CON UN AMBIENTE VIRTUAL QUE PERMITA LA IMPLEMENTACIÓN DE DIAGRAMA ESCALERA Y SISTEMAS DE CONTROL EN ESTACIONES INDUSTRIALES SIMULADAS, PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA."

AUTORAS:

- BARBERÁN MUÑOZ, JUAN CARLOS
- ILLESCAS FIERRO, FRANCISCO XAVIER

DIRECTOR:

ING. ANDRÉS GORDÓN



RESUMEN



El módulo de E/S recopila datos de sensores virtuales y transforma los datos en señales eléctricas que se envía al PLC para que procese y dé una salida eléctrica para el control de la estación virtual, el módulo de E/S transformará estas salidas eléctricas y las enviará al ambiente virtual como señales de control.

Los ambientes virtuales se observarán desde un monitor de computadora y serán controlados por el PLC S7-300 del laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.



OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar e implementar un módulo de E/S con un ambiente virtual que permita la implementación de diagrama escalera y sistemas de control en estaciones industriales simuladas, para el Laboratorio de Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Objetivo Específicos

- Crear modelos 3D de plantas industriales reales mediante software CAD, para ser el escenario del ambiente virtual.
- Virtualizar ambientes industriales a través de modelos CAD a fin de implementar un simulador 3D en realidad virtual no inmersiva que permita ser controlado a través de un controlador físico.



Objetivo Específicos

- Obtener el modelo matemático que rige a la planta industrial, a través de ecuaciones y cálculos.
- Diseñar el módulo de E/S para la comunicación de las señales de salida y entrada entre el controlador y el entorno virtual.
- Implementar el módulo de E/S enlazado al controlador para verificar el correcto funcionamiento de entradas y salidas.
- Diseñar 2 diferentes tipos de control para el ambiente virtual mediante el uso de una herramienta de software matemático.



CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL

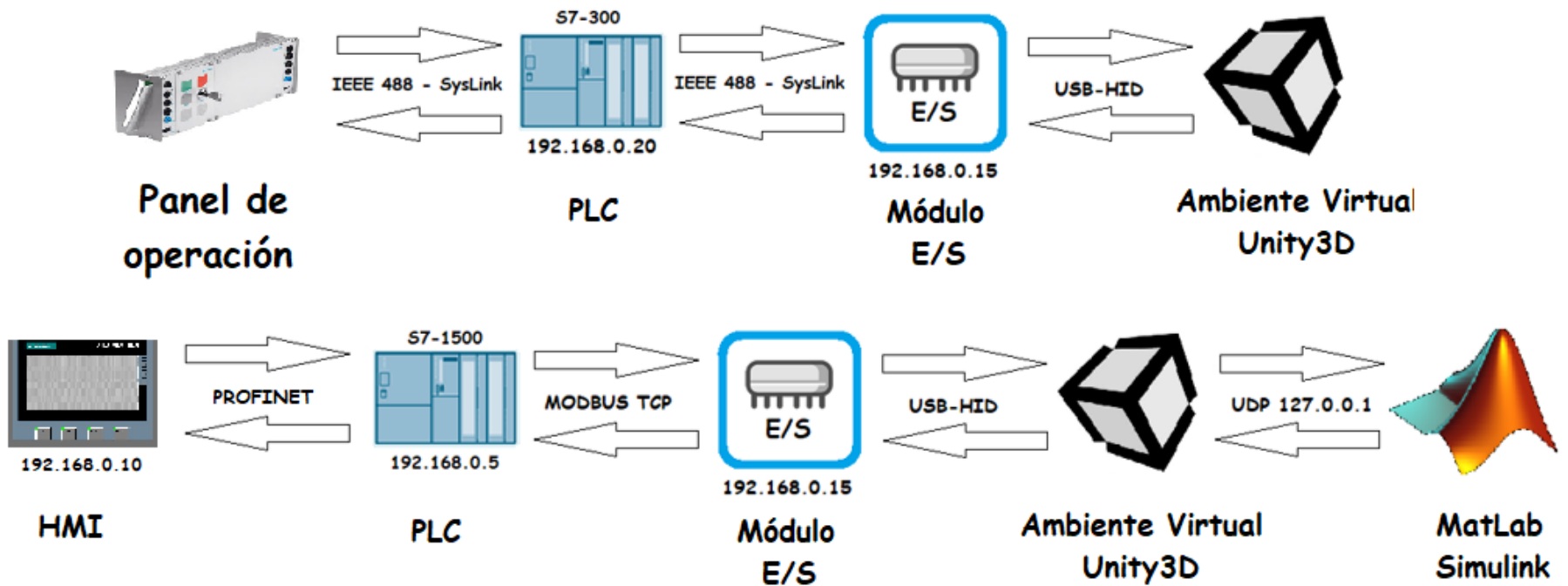
Inmersivo: El usuario recibe estímulos sensoriales del sistema RV (Realidad Virtual) mientras está aislado del mundo.

Semi-inmersivo: Brinda un grado de abstracción del mundo real menor que los sistemas inmersivos completos combinando estímulos reales y sintéticos.

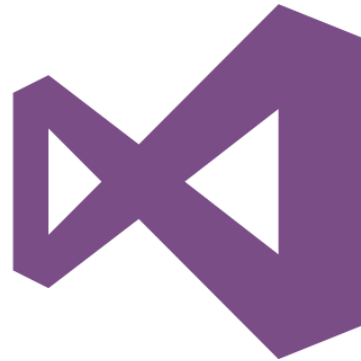
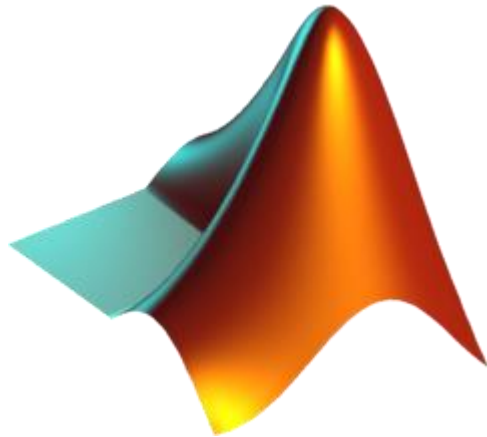
No inmersivo: El usuario permanece en el mundo real y el compromiso con el entorno virtual se logra a través de la interacción con las representaciones visuales y de audio de alta calidad que promueven al usuario a involucrarse emocionalmente.



Descripción gráfica del funcionamiento



Software utilizado



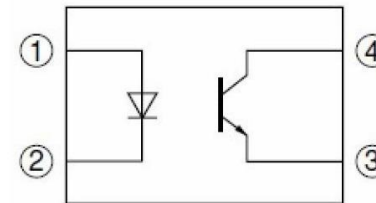
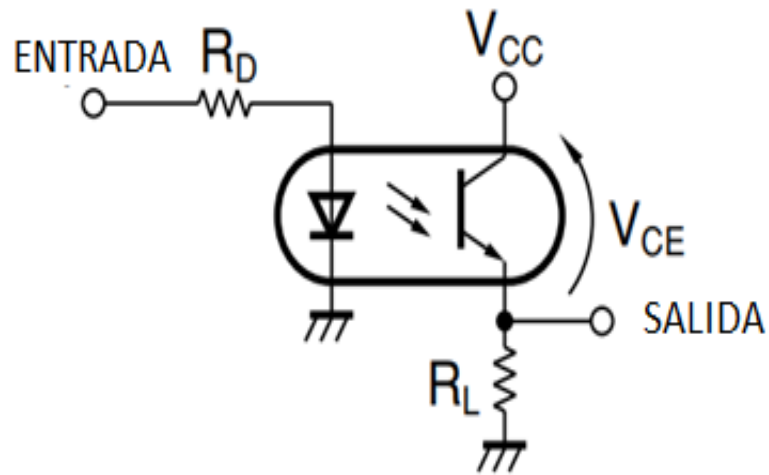
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SELECCIÓN DE COMPONENTES



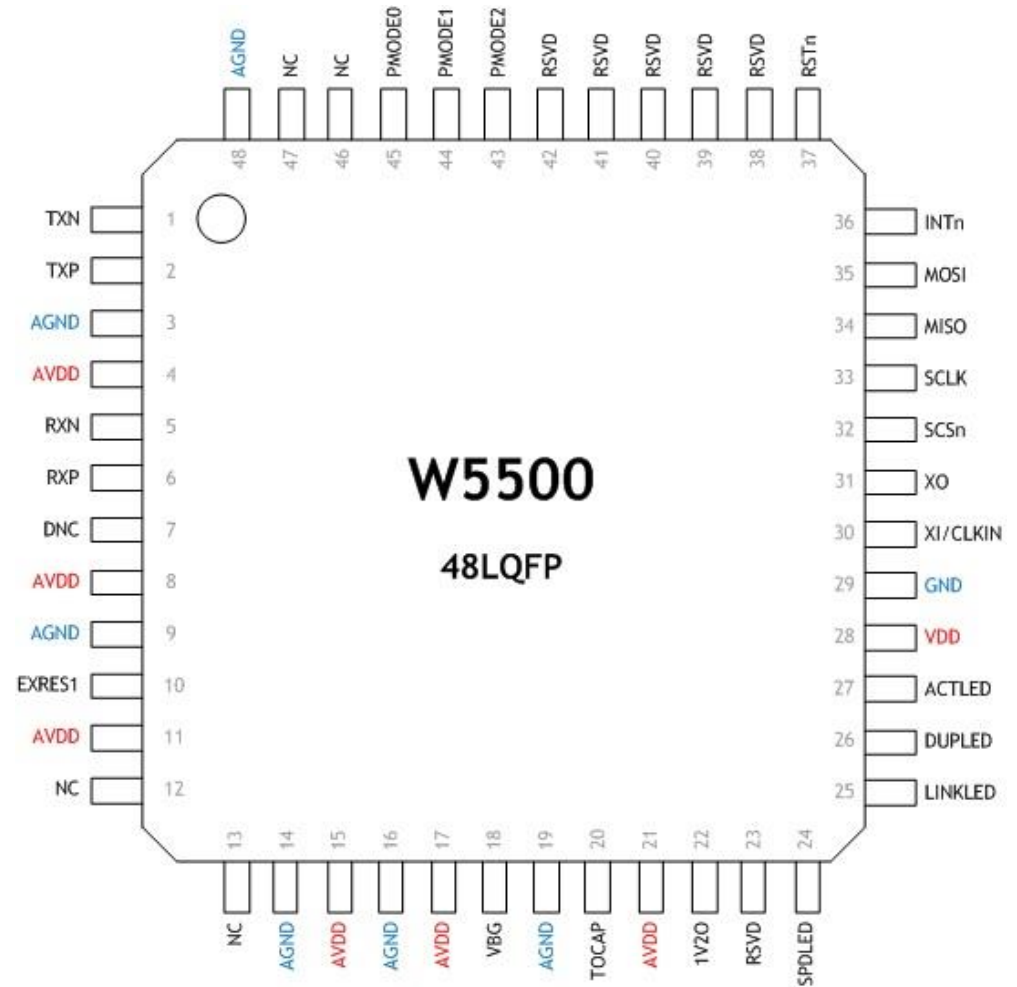
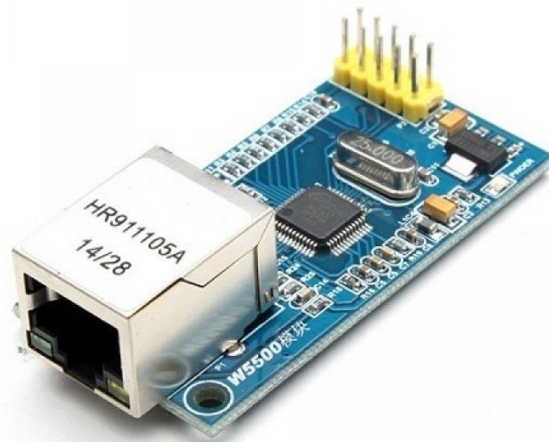
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Optoacoplador



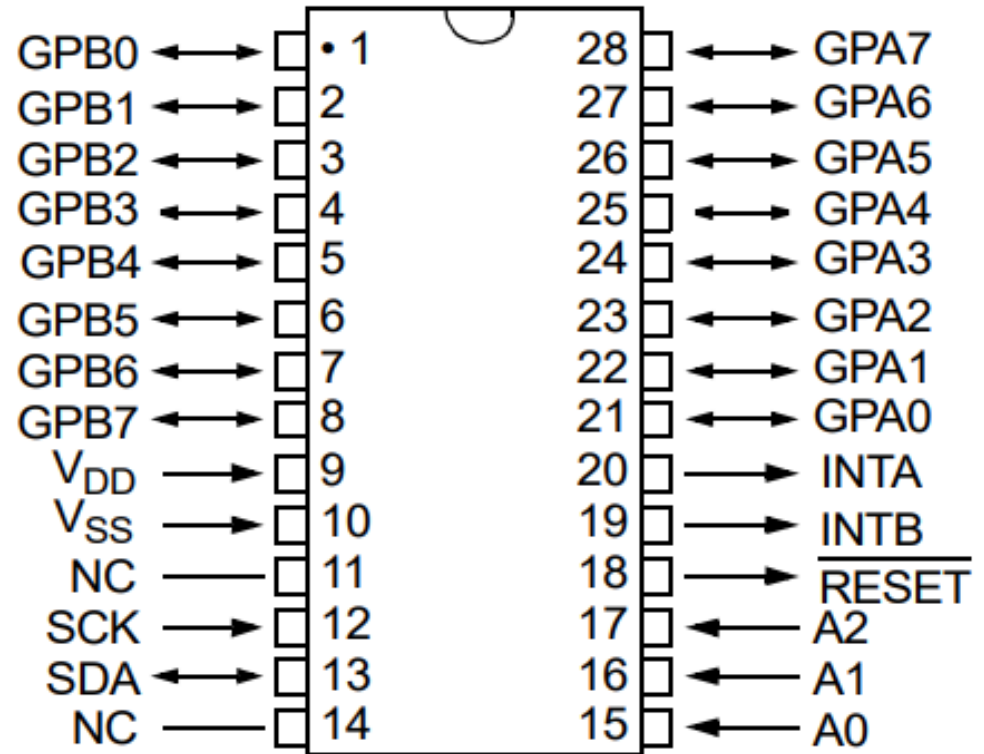
- ① Anode
- ② Cathode
- ③ Emitter
- ④ Collector

Módulo Ethernet



Expansor de E/S

MCP23017

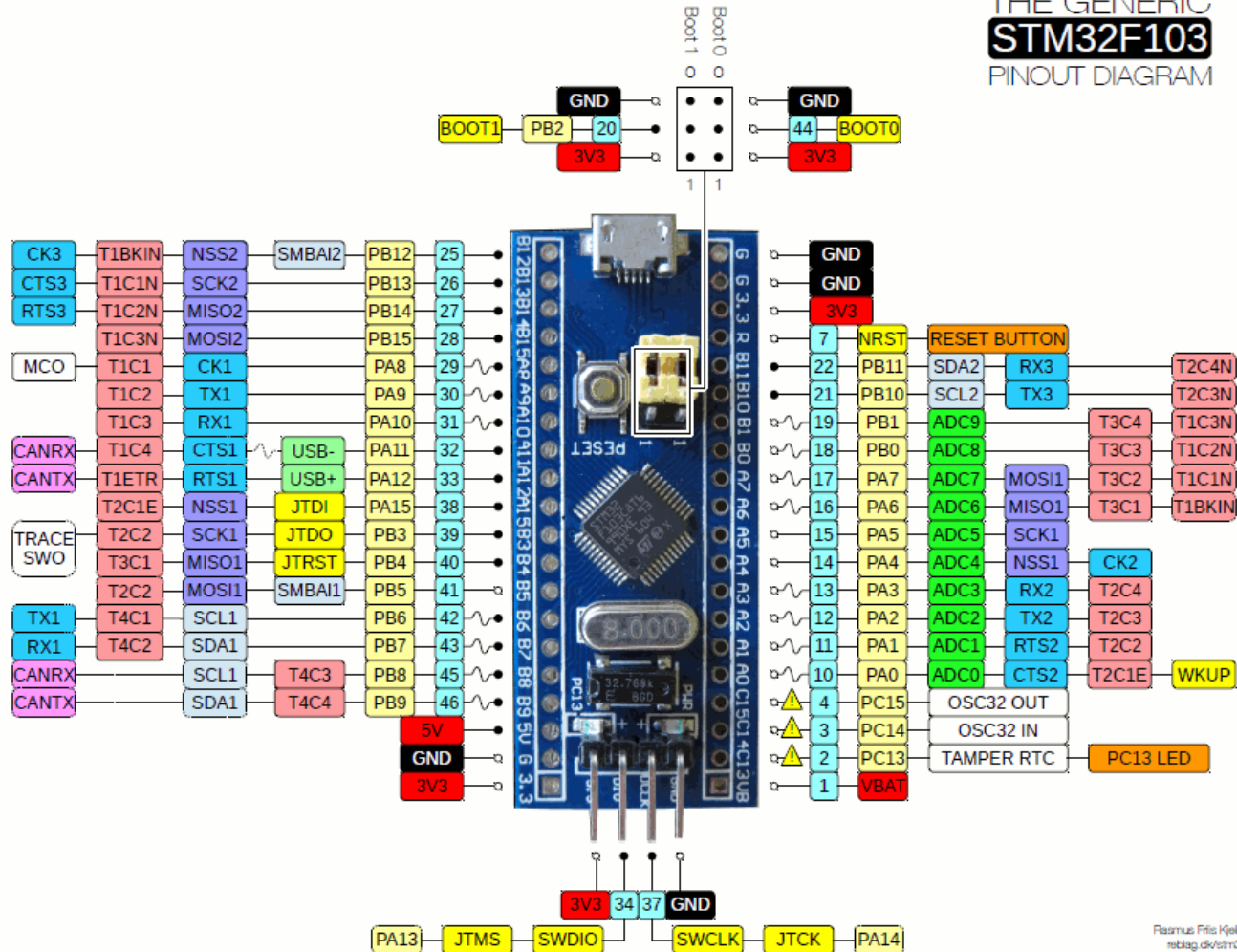


Microcontrolador

THE GENERIC
STM32F103
PINOUT DIAGRAM

LEGEND

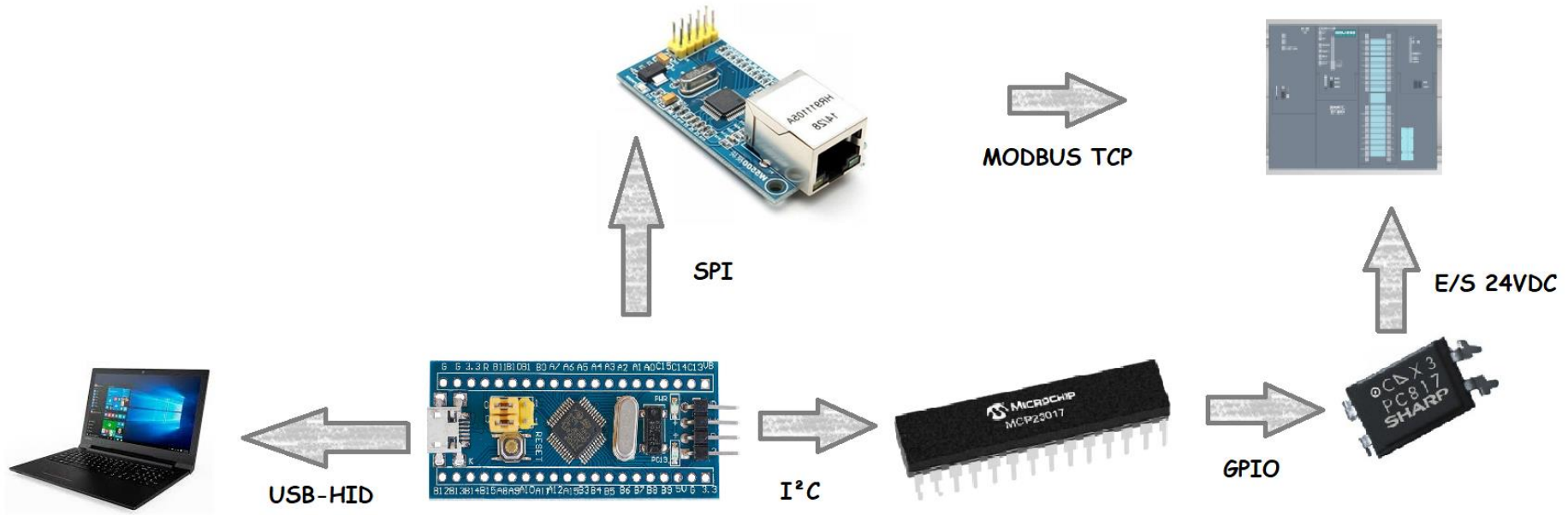
POWER
GROUND
PHYSICAL PIN
PIN NAME
CONTROL
ANALOG
TIMER & CHANNEL
USART
SPI
I2C
CAN BUS
USB
MISC
BOARD HARDWARE
● 5V tolerant
○ Not 5V tolerant
~ PWM pin
— Alternate function
⚠ PC13, PC14, PC15: Sink max 3mA, source 0mA, max 2mhz, max 30pF
Absolute MAX 150mA total source/sink for entire CPU
Max ±20mA per pin, ±8mA recommended



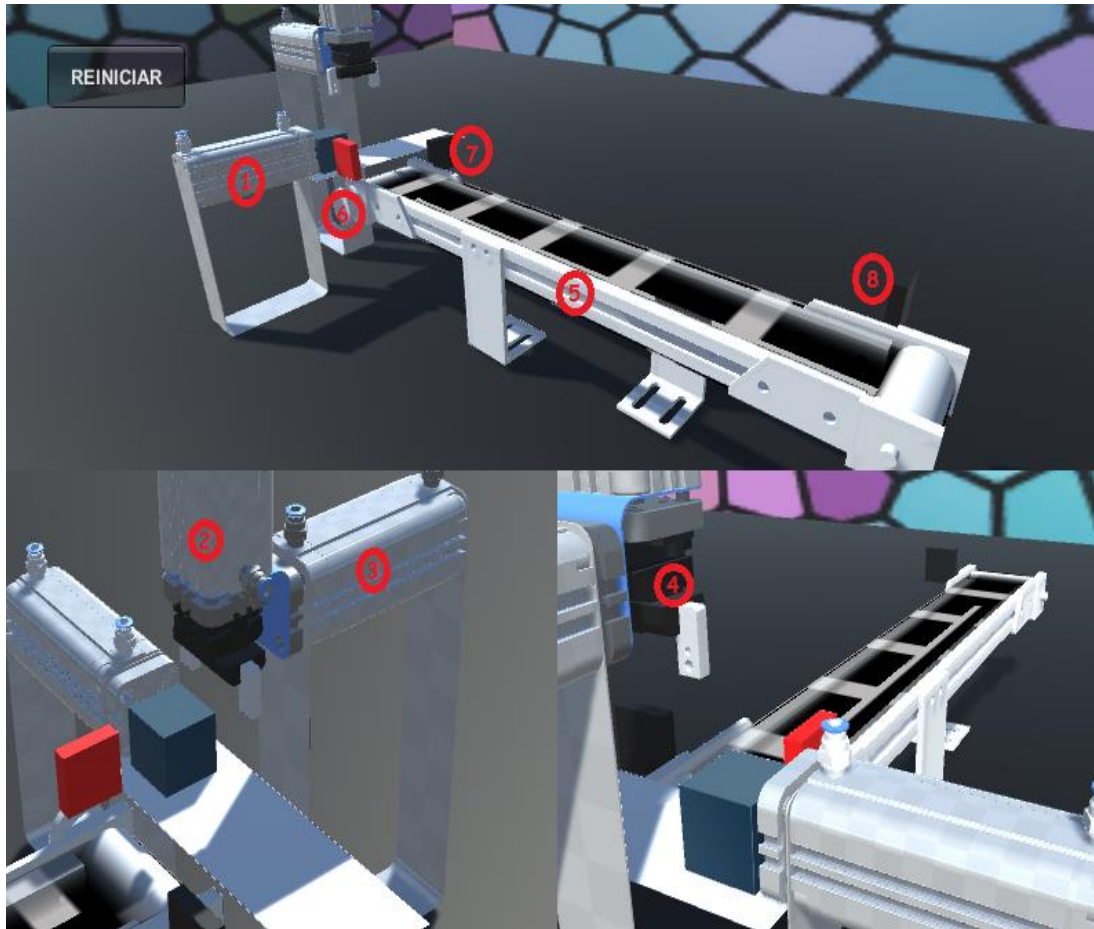
Rasmus Fris Kjekshus
reblog.dk/stm32



Comunicaciones



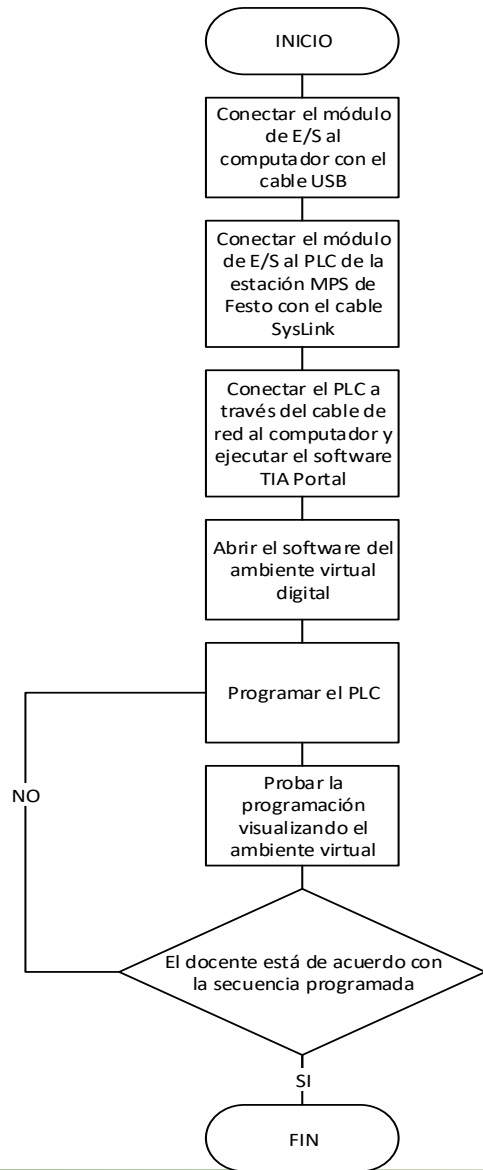
Ambiente Digital



1. Cilindro neumático con la función de alimentador de piezas
2. Cilindro neumático de bajada y subida del brazo para transporte de la pieza
3. Cilindro neumático de traslación del brazo para transporte de la pieza
4. Pinza neumática para sujeción de piezas
5. Banda transportadora para traslado de la pieza
6. Sensor de presencia en el alimentador de piezas
7. Sensor de presencia al inicio de la banda transportadora
8. Sensor de presencia al final de la banda transportadora



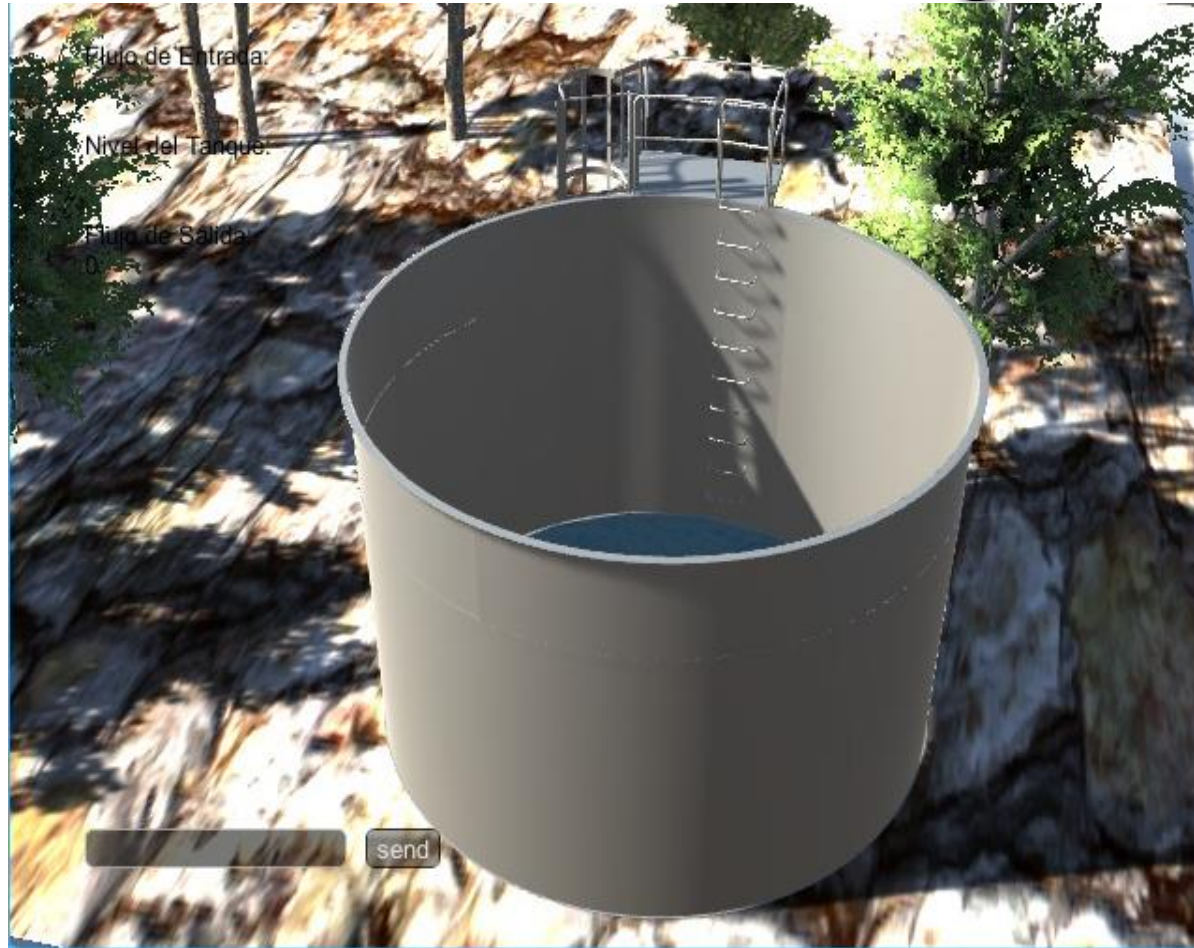
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



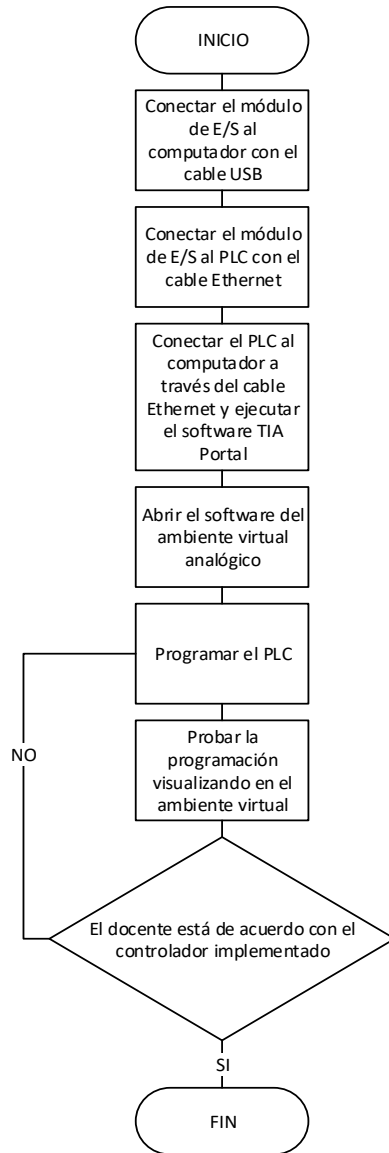
Salida PLC	Actuador
0	Alimentador
1	Bajada
2	Traslado
3	Pinza
4	Banda

Entrada PLC	Sensor
1	P. Final Banda
2	Final Alimentador
3	P. Alimentador
4	P. Inicio Banda
5	Fin Bajada
6	Fin Traslado
7	Fin Pinza

Ambiente Analógico

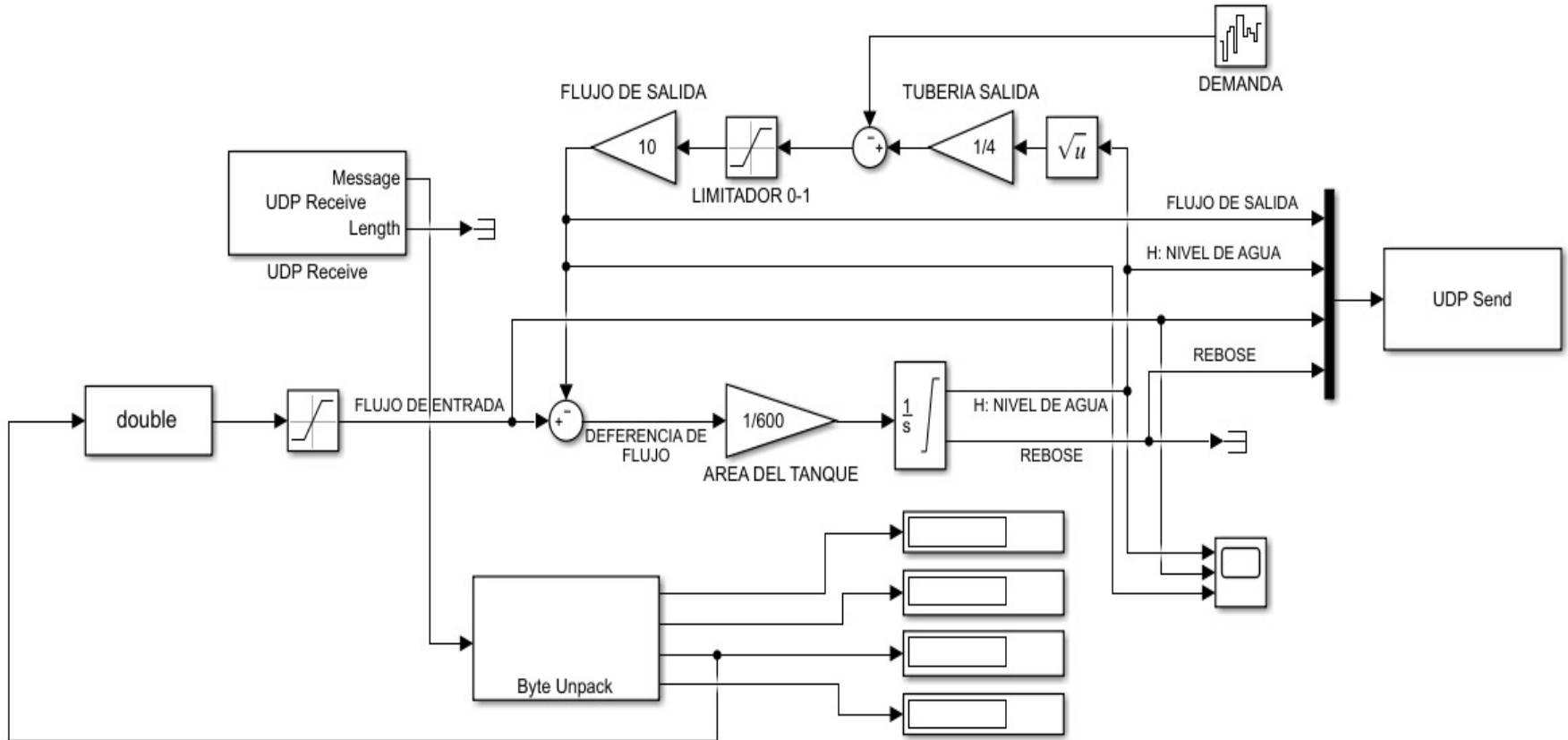


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

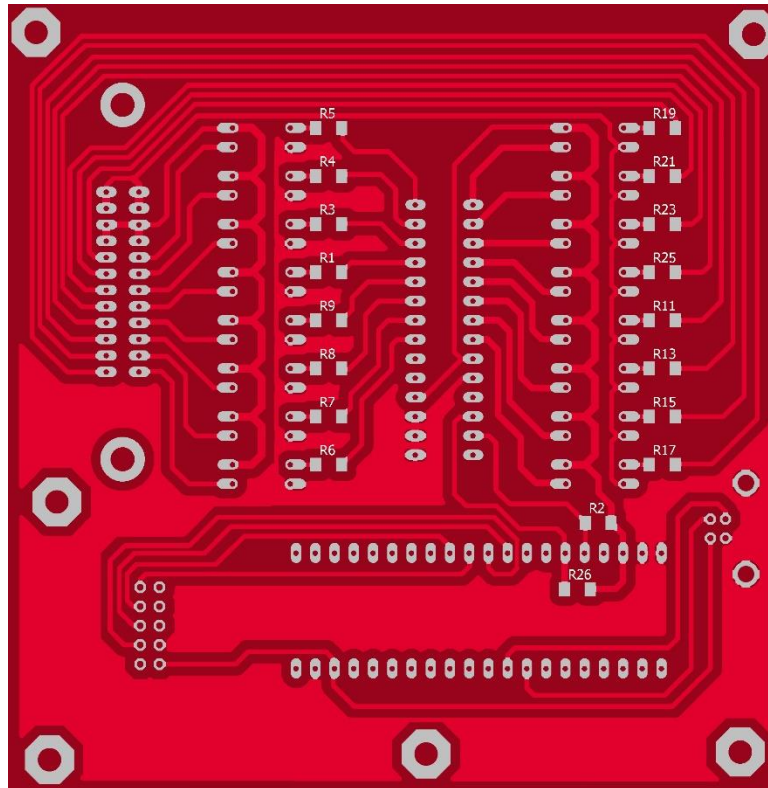


Registro	Rango	Descripción
40002	[1.175494*10 ⁻³⁸ a 3.402823*10 ³⁸]	Variable de nivel en coma
40003		flotante
40004	[1.175494*10 ⁻³⁸ a 3.402823*10 ³⁸]	Variable de señal de control
40005		
40006	[0 - 255]	Byte de entradas digitales
40007	[0 - 255]	Byte de salidas digitales
40008	[0 - 255]	Byte de habilitación de salidas a través de MODBUS TCP

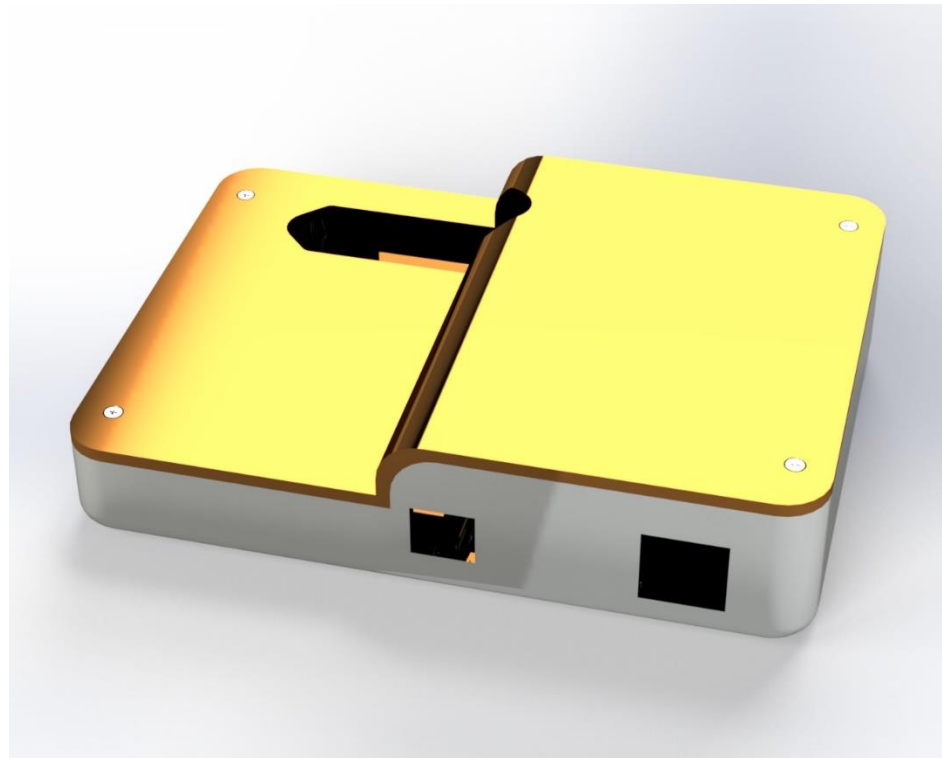
Modelo Matemático



Diseño electrónico del módulo E/S

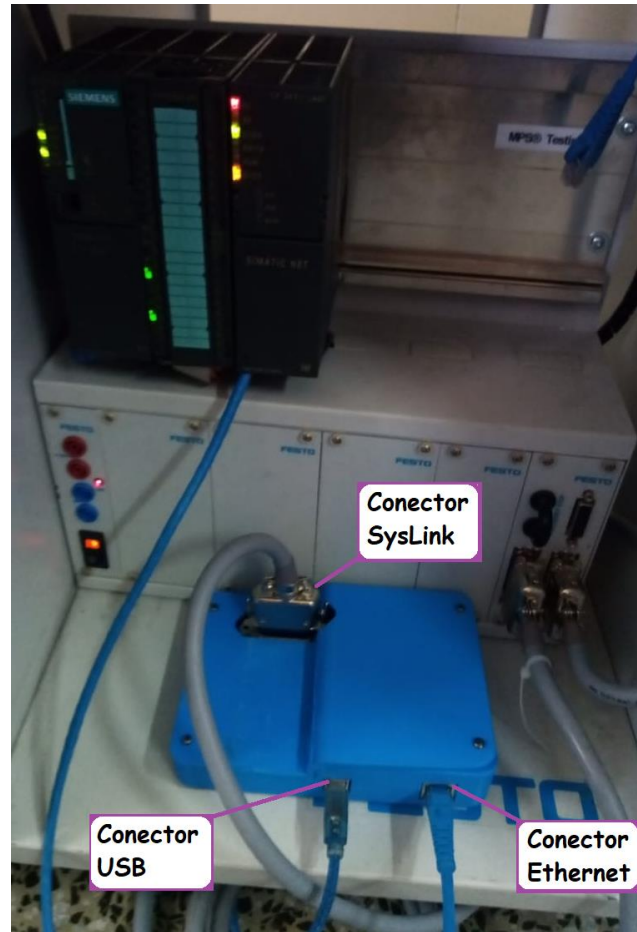


Diseño CAD del módulo E/S



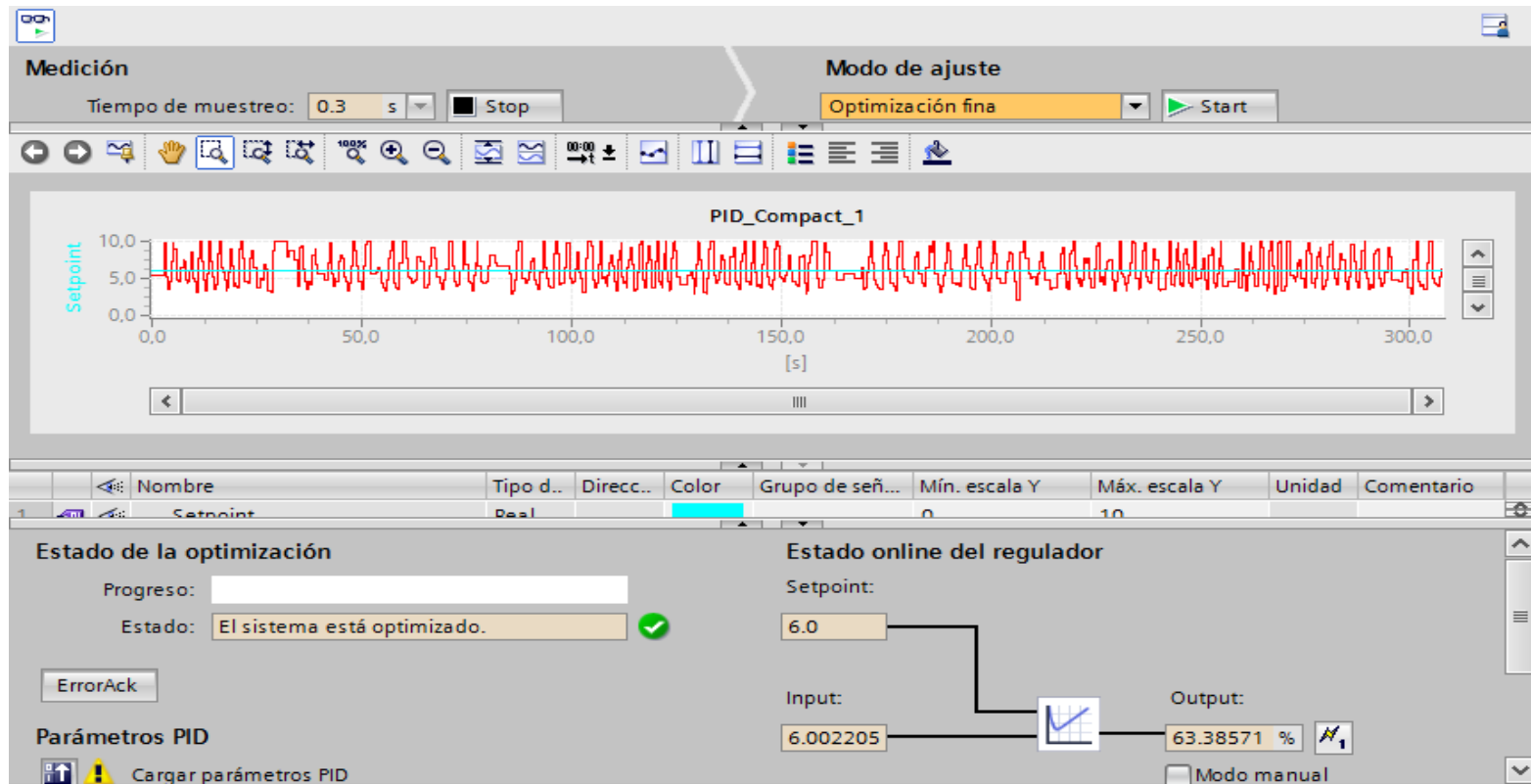
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación del Módulo de E/S

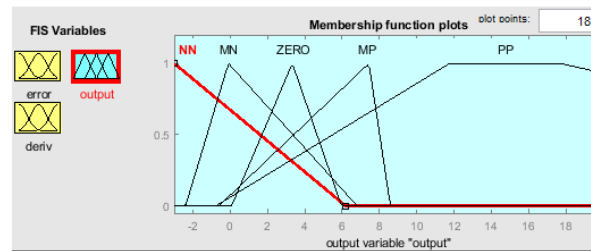
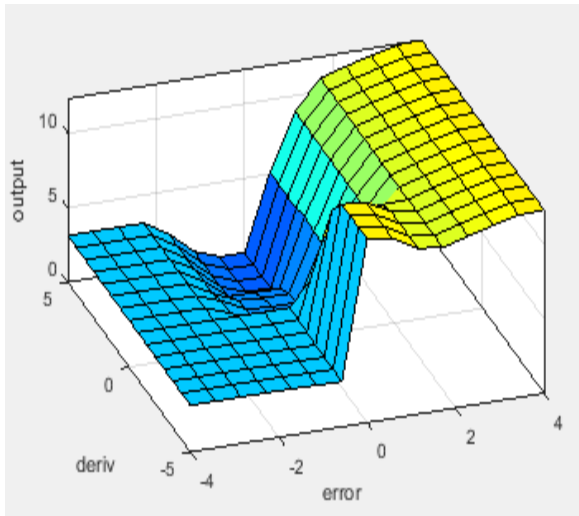
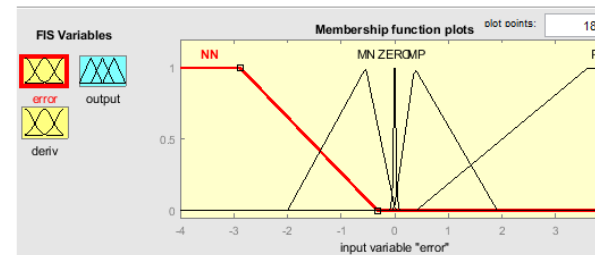
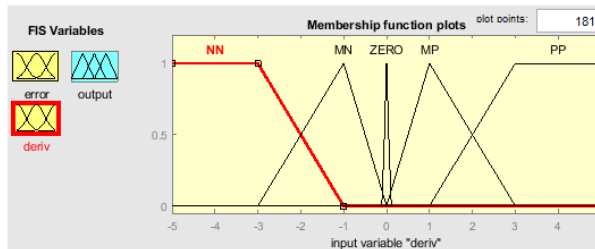


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de controlador PID



Implementación de controlador de Lógica Difusa



1. If (error is NN) then (output is ZERO) (1)
2. If (error is MN) and (deriv is ZERO) then (output is MN) (1)
3. If (error is MN) and (deriv is PP) then (output is NN) (1)
4. If (error is MN) and (deriv is MN) then (output is ZERO) (1)
5. If (error is MN) and (deriv is MP) then (output is MN) (1)
6. If (error is MP) and (deriv is NN) then (output is PP) (1)
7. If (error is MP) and (deriv is ZERO) then (output is MP) (1)
8. If (error is MP) and (deriv is PP) then (output is ZERO) (1)
9. If (error is MP) and (deriv is MN) then (output is MP) (1)
10. If (error is MP) and (deriv is MP) then (output is ZERO) (1)
11. If (error is PP) then (output is PP) (1)
12. If (error is ZERO) and (deriv is ZERO) then (output is ZERO) (1)
13. If (error is ZERO) and (deriv is MP) then (output is MN) (1)
14. If (error is ZERO) and (deriv is MN) then (output is MP) (1)
15. If (error is ZERO) and (deriv is NN) then (output is PP) (1)
16. If (error is ZERO) and (deriv is PP) then (output is NN) (1)

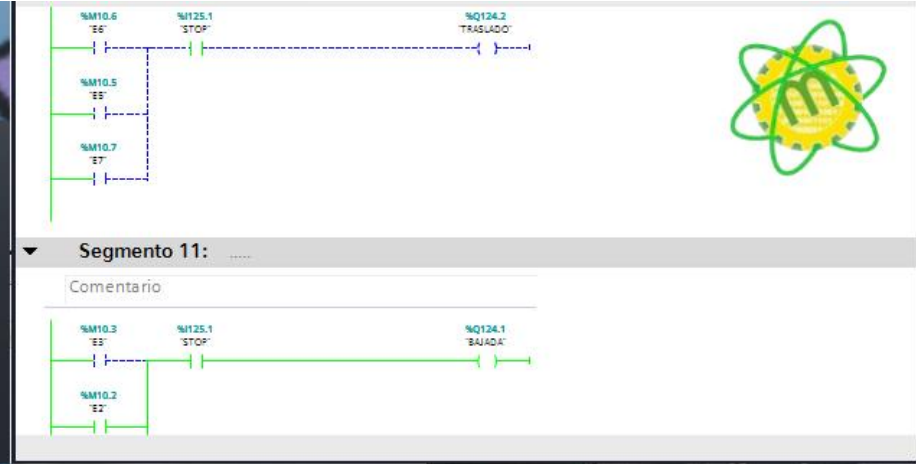
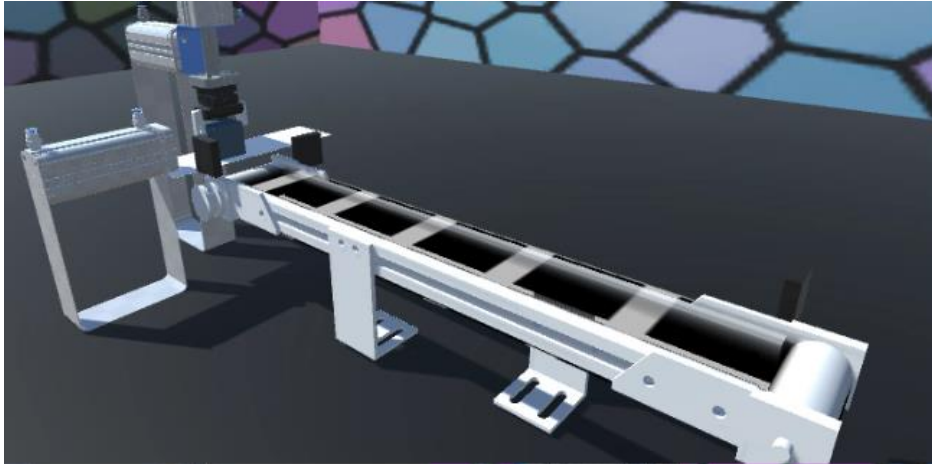


Pruebas de funcionamiento

Ambiente Digital



Ambiente Digital

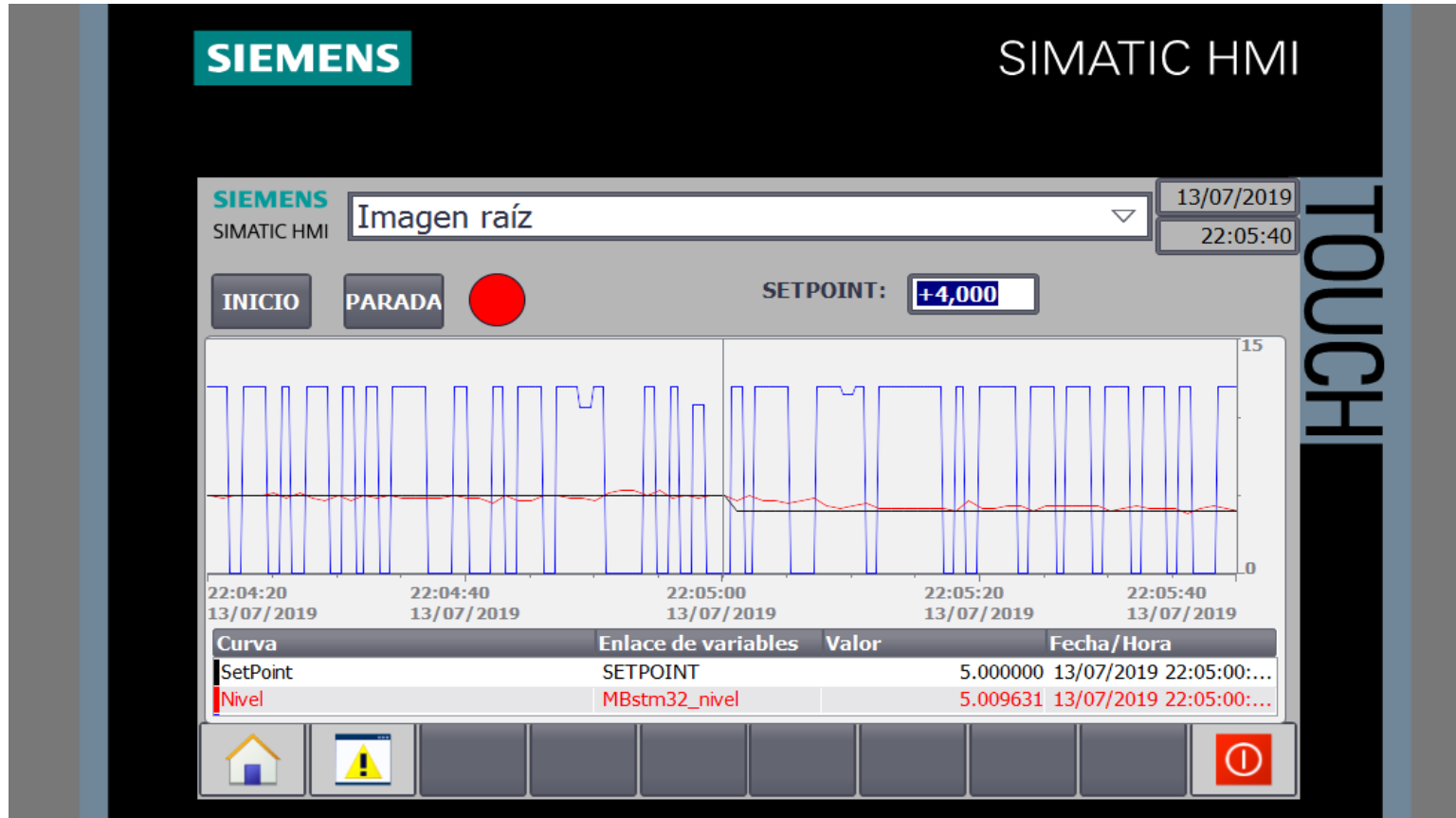


Pruebas de funcionamiento

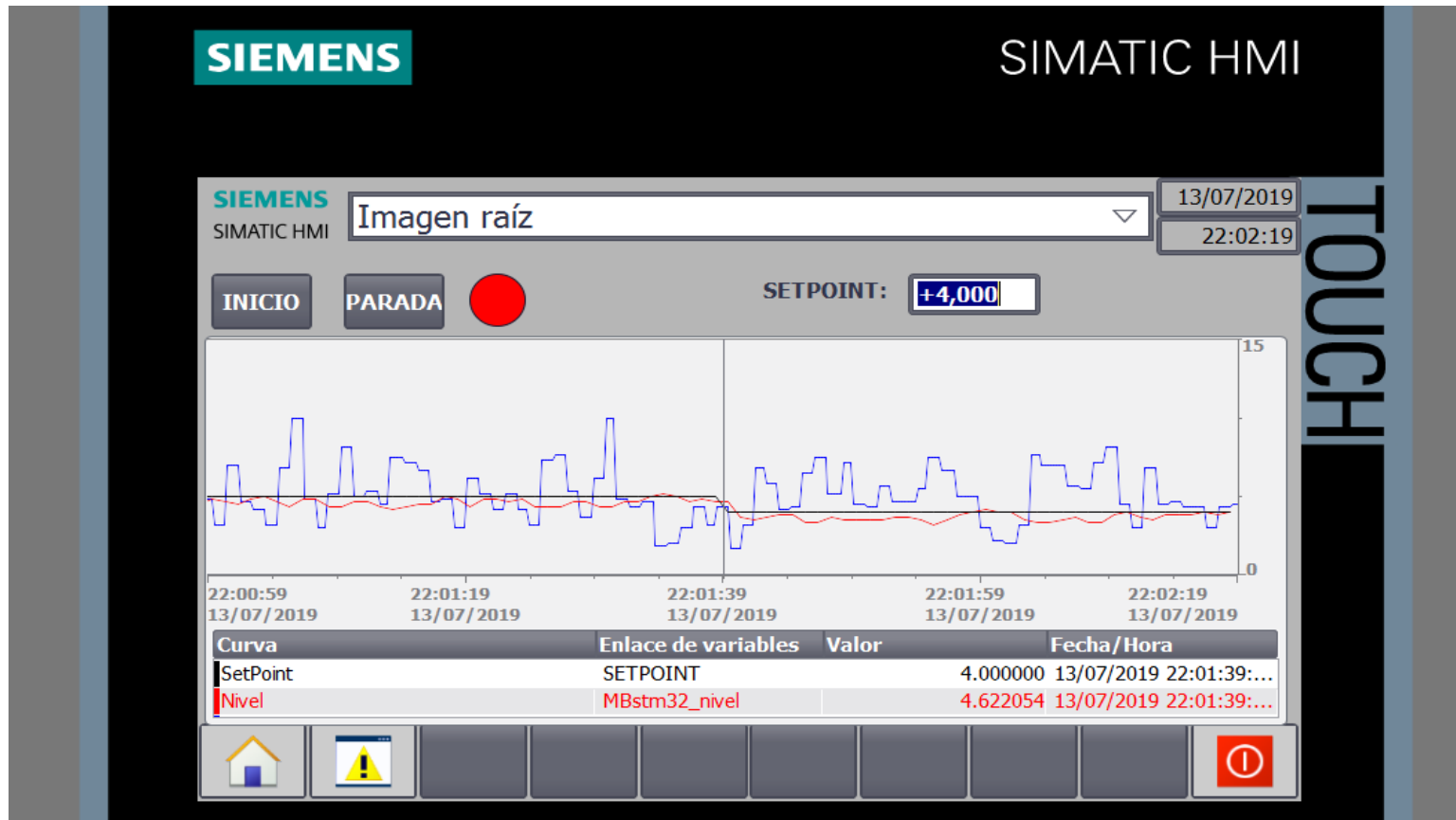
Ambiente Analógico



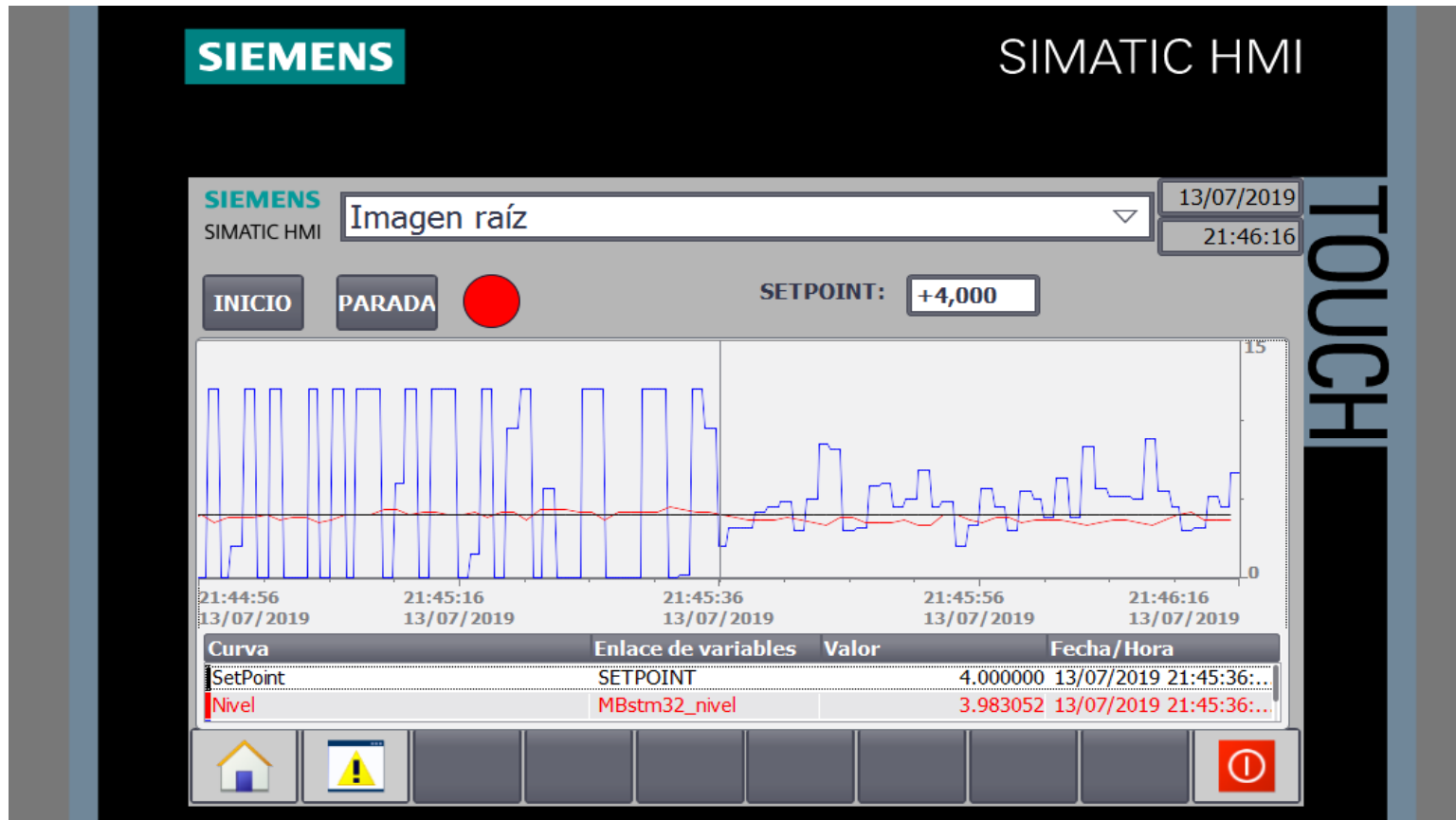
Control PID



Control de Lógica Difusa



Control PID vs Lógica Difusa



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS



Para validar la hipótesis se recurrió a una encuesta dirigida hacia los alumnos de octavo nivel de la materia Automatización y Control de la carrera de Mecatrónica.

Preguntas primordiales

¿Cree usted que este sistema es adecuado para implementar diagrama escalera y sistemas de control en estaciones industriales simuladas?

¿Cree usted que este sistema le permita reforzar conocimientos en cuanto al diagrama escalera y sistemas de control?



Hipótesis Planteada

¿El diseño e implementación de un módulo de E/S con un ambiente virtual permite la implementación de diagrama escalera y sistemas de control en estaciones industriales simuladas?

CHI-CUADRADO

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

- O_i = Frecuencia absoluta observada o empírica
- E_i = Frecuencia esperada
- Nivel de confianza = 95%

$$\lambda^2_{calculado} = 28.0688172$$

Condición de prueba	O	E	(O-E)	(O-E)^2	(O-E)^2 / E
Implementa y refuerza	30	29.0625	0.9375	0.87890625	0.030241935
Implementa y no refuerza	1	29.0625	-28.0625	787.503906	27.0969086
No Implementa y si refuerza	0	0.9375	-0.9375	0.87890625	0.9375
No implementa y no refuerza	1	0.9375	0.0625	0.00390625	0.004166667
TOTAL					28.0688172

- **H1 (hipótesis alternativa):** ¿El diseño e implementación de un módulo de E/S con un ambiente virtual permite la implementación de diagrama escalera y sistemas de control en estaciones industriales simuladas?

$$\lambda_{calculado}^2 \geq \lambda_{tabulado}^2$$

Comprobación Hipótesis

$$\lambda_{tabulado}^2 = 3.841$$



- Nivel de Confiabilidad: 95%
- $v = (\#de\ pruebas - 1)(\# de\ opciones - 1) = 2$

$$\lambda_{calculado}^2 \geq \lambda_{tabulado}^2$$

$$28.0688172 \geq 3.841$$



CONCLUSIONES

- El diseño del módulo de E/S en conjunto con el ambiente virtual en Unity y los modelos matemáticos de MatLab/Simulink permiten recrear un proceso industrial para que el usuario pueda crear diferentes tipos de controladores y concluir que controlador es el más adecuado para la aplicación, además de configurar una red industrial Modbus TCP.
- El módulo de E/S y el ambiente virtual de Unity permite una interacción entre los sensores y actuadores virtuales y un controlador PLC, con lo cual el usuario puede crear diferentes rutinas de funcionamiento mediante diagrama escalera y poder visualizar y corregir errores.



CONCLUSIONES

- El módulo creado permite a docentes y estudiantes incrementar prácticas de laboratorio, con el fin de sintetizar conocimientos sobre neumática, sistemas de control clásico, sistemas de control moderno, redes neuronales, PLC, redes industriales, automatización, instrumentación.
- La herramienta de sintonización PID de Siemens es de gran ayuda, proporcionándonos un controlador PID preciso, aunque no toma en cuenta régimen de operación de los equipos asociados a la planta.
- El diseño de un controlador de Lógica Difusa puede ser la solución a problemas de control en los que se desea controlar además de la variable del proceso el régimen de operación de los equipos asociados al proceso a controlar



CONCLUSIONES

- Para el caso planteado en esta tesis del control de nivel de un tanque, el controlador de Lógica Difusa tuvo una mejor respuesta de control tanto en cambios del valor de consigna tanto superiores e inferiores a su valor anterior, en comparación al PID. Aunque ambos controladores llegaron al valor de consigna, el PID al tener cambios bruscos de amplitud y alta frecuencia en su señal de control no es recomendado para el problema planteado ya que la señal de control va a una válvula por desgaste mecánico además de una pérdida de la calibración. Sin embargo, el controlador de Lógica Difusa tiene una frecuencia muy reducida y sus cambios de amplitud siguen un patrón, por lo que es superior al PID para el problema de control planteado en esta tesis.
- El diseño de controladores difusos requiere un profundo conocimiento de la planta, parámetros de operación de los equipos, rango de operación de la variable manipulada, magnitud máxima del error, entre otros parámetros son de vital importancia al momento del diseño de funciones de membresía, conjuntos difusos y reglas.



RECOMENDACIONES

- Los entornos virtuales y el modelo matemático del entorno deben ser ejecutados por computadores de tecnología moderna para un funcionamiento sin problemas.
- Es conveniente considerar la compra de la licencia del TIA PORTAL V14 ya que permite utilizar más funciones y opciones para configuraciones de redes industriales utilizando CP-Lean en el PLC S7 300.
- Para implementar más entradas, salidas digitales y analógicas se necesita el chip MCP23017 para digitales y MCP4822 analógicas con su respectivo amplificador operacional TL082.
- Si al módulo de E/S se implementan más entradas y salidas ya sean analógicas o digitales implica que el tamaño del módulo aumente considerablemente.
- Para mayor facilidad al mostrar las gráficas de control de la planta es conveniente usar el HMI SIMATIC del PLC S7 300, ya que si se agrega en el entorno será más exigente las características tecnológicas del computador.



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA