



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE-L”

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL WLAN A NIVEL DE CONTROLADORES, PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES CON UN ENFOQUE IIOT”

Autores:

Mullo Laguaquiza, Grace Mishell

Quinatoa Coque, Edwin Roberto

Febrero 08, 2024

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio, **Tutor**



INTRODUCCIÓN

RED INDUSTRIAL WLAN



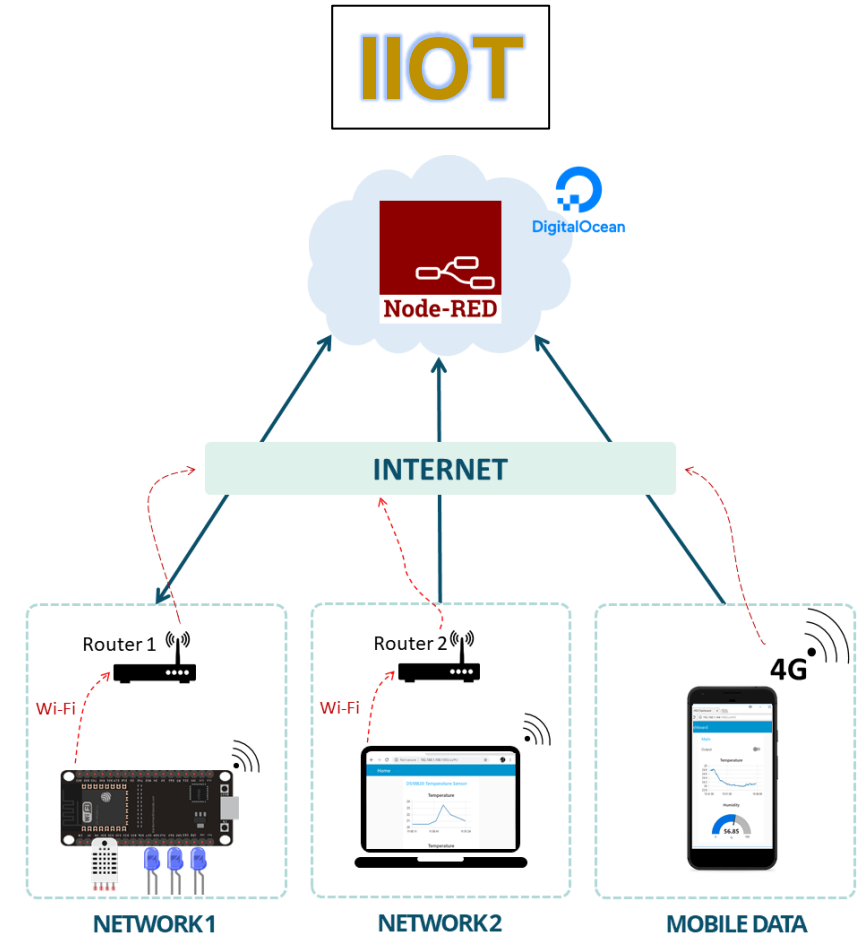
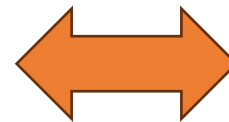
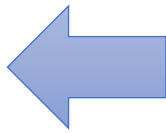
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Las universidades en donde los laboratorios generalmente poseen equipos de generaciones anteriores no es posible su cambio generacional, esto debido a los grandes costos que implica la reprogramación y configuración de los nuevos dispositivos, es por ello que para evitar que estos equipos entren en obsolescencia y sean inutilizados es necesario generar soluciones para que los mismos puedan ser incorporados en aplicaciones actuales (WLAN, IIoT, etc.)



JUSTIFICACIÓN

Debido a que los controladores lógico programables S7-200, no poseen de puertos de comunicación nativos para Ethernet o Wifi para la implementación de la red WLAN



OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar e implementar una red industrial WLAN a nivel de controladores para la supervisión y control de procesos industriales con un enfoque IIoT.



OBJETIVOS

Objetivos específicos

- Investigar acerca de los conversores de protocolo industrial serial a Wireless.
- Indagar información acerca del Internet industrial de las cosas (IIoT), sus aplicaciones y alcances.
- Obtener los modelos matemáticos de las plantas de nivel y caudal.
- Diseñar algoritmos de control para las plantas de nivel y caudal del laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos.
- Diseñar el HMI basado en la norma ISA 101 sobre paneles táctiles.

OBJETIVOS

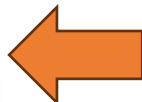
- Adquirir los datos de los controladores lógicos programables mediante protocolo Modbus RTU y transmitirlos de forma inalámbrica utilizando pasarelas industriales.
- Diseñar e implementar una red industrial WLAN.
- Diseñar los paneles de control y supervisión que se muestre en la plataforma IIoT con las normas ISA 101.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL WLAN

Clases de direcciones IP

	Desde	A
Clase A	0.0.0.0 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>	127.255.255.255 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>
Clase B	128.0.0.0 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>	191.255.255.255 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>
Clase C	192.0.0.0 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>	223.255.255.255 <small>Identificador de red Identificador de estación</small>
Clase D	224.0.0.0 <small>Dirección de grupo</small>	239.255.255.255 <small>Dirección de grupo</small>
Clase E	240.0.0.0 <small>Indefinido</small>	247.255.255.255 <small>Indefinido</small>



Direcciones IP de los dispositivos

192.168.100.20	Pasarela Caudal
192.168.100.30	Pasarela Nivel
192.168.100.70	Pasarela Sala Control
192.168.100.105	Raspberry Pi4



Por lo tanto debido al número de dispositivos, se utiliza la clase C.

CONFIGURACIÓN DE PASARELAS



Uart Setting	
Baudrate	9600 ▾
Data Bits	8 ▾
Parity	None ▾
Stop	1 ▾
Baudrate adaptive (RFC2117)	Disable ▾

Apply Cancel

UART AutoFrame Setting	
UART AutoFrame	Disable ▾

- AP Mode:
Access Point
- STA Mode:
Station Mode

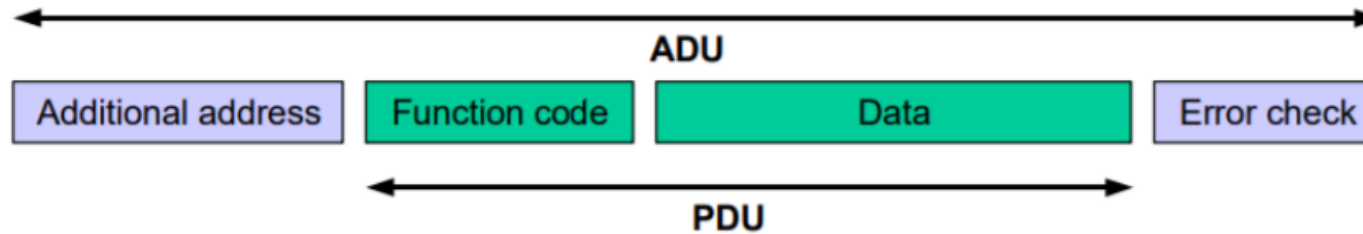
Data Transfer Mode Modbus TCP<=>Modbus RTU ▾

Apply Cancel



TRAMA MODBUS RTU

Cada mensaje tiene una trama que contiene cuatro campos principales:



- ✓ **Additional Address:** Representa la dirección del esclavo Modbus.
- ✓ **Function Code:** Se envía el código de función para establecer que se hará con el dato.
- ✓ **Data:** Es el dato que se envía hacia el esclavo.
- ✓ **Error Check:** En esta parte de la trama se obtiene un reconocimiento, para saber si el mensaje fue recibido.

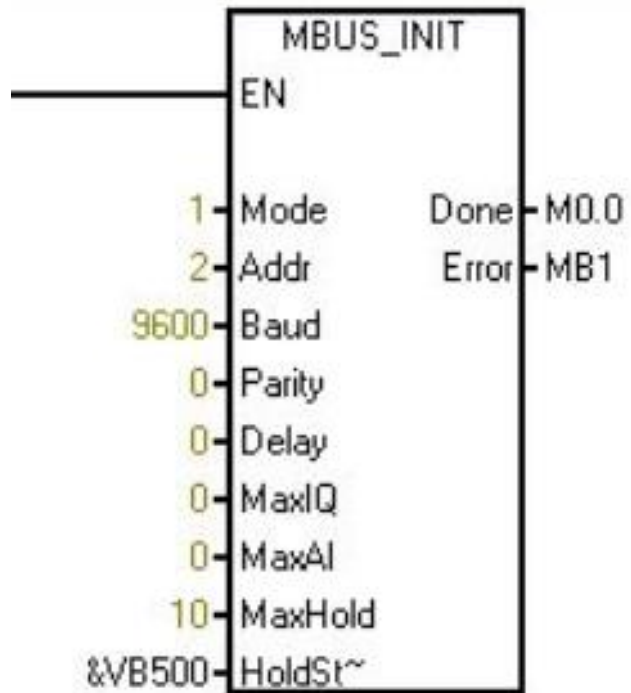
Tabla de códigos de función.

CODE	FUNCTION
01 (01H)	Read Coil (Output) Status
03 (03H)	Read Holding Registers
04 (04H)	Read Input Registers
05 (05H)	Force Single Coil (Output)
06 (06H)	Preset Single Register



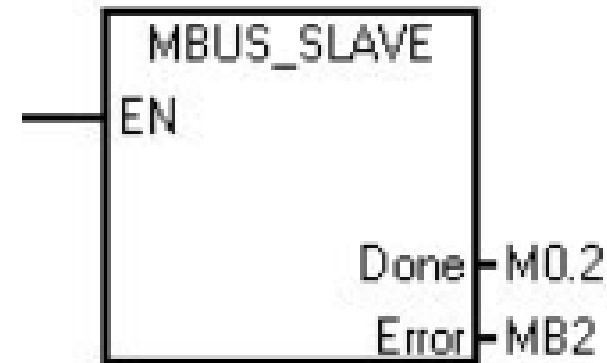
COMUNICACIÓN MODBUS PLC-PASARELA

BLOQUE MBUS_INIT



Luego de la configuración inicial por parte del bloque Modbus_Init, es necesario iniciar la comunicación ModBus sobre el puerto 0, esto se logra mediante la ejecución del bloque *Modbus_Slave*

BLOQUE MBUS_SLAVE



CONFIGURACIÓN DE BLOQUE PID0-INIT

Asistente de operaciones PID

Asistente de operaciones PID (Configuración PID para 0)

Opciones de la entrada del lazo
Indique cómo se debe escalar la variable del proceso del lazo (PV). Esta variable es un parámetro que se debe transferir a la subrutina que generará el asistente.

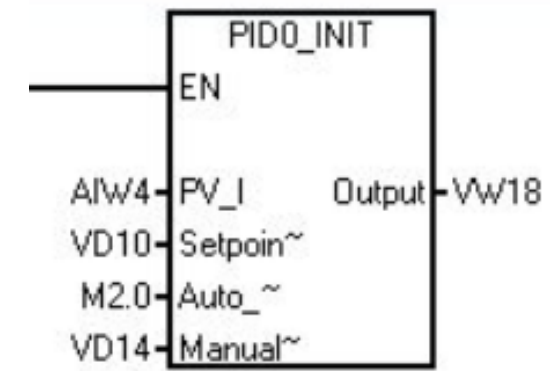
Escalamiento: Variable del proceso: Límite inferior: Consigna del lazo: Límite superior:
 Utilizar offset de 20%

Opciones de la salida del lazo
Indique cómo se debe escalar la salida del lazo. Esta salida es un parámetro que se debe transferir a la subrutina que generará el asistente.

Tipo de salida: Escalamiento: Límite inferior: Límite superior:
 Utilizar offset de 20%

<Atrás Cancelar

BLOQUE PID0_INIT



Offset	Campo	Formato	Tipo	Descripción
0	PV	Palabra doble-real	In	Contiene la variable del proceso que debe estar escalada entre 0.0 y 1.0
4	SP	Palabra doble-real	In	Contiene la consigna que debe estar escalada entre 0.0 y 1.0
8	CV	Palabra doble-real	In/Out	Contiene la salida calculada escalada entre 0.0 y 1.0
12	Kp	Palabra doble-real	In	Contiene la ganancia, que es una constante proporcional.
16	Ts	Palabra doble-real	In	Contiene el tiempo de muestreo en segundos.
20	Ti	Palabra doble-real	In	Contiene el tiempo de acción integral en minutos.
24	Td	Palabra doble-real	In	Contiene el tiempo de acción derivativa en minutos.

Tabla de definición del lazo PID

MODELO MATEMÁTICO

Sistema de control de Caudal

Sistema de control de Nivel

Process Models

Transfer Function

$K \exp(-T_d s)$
 $(1 + T_p1 s)$

Poles

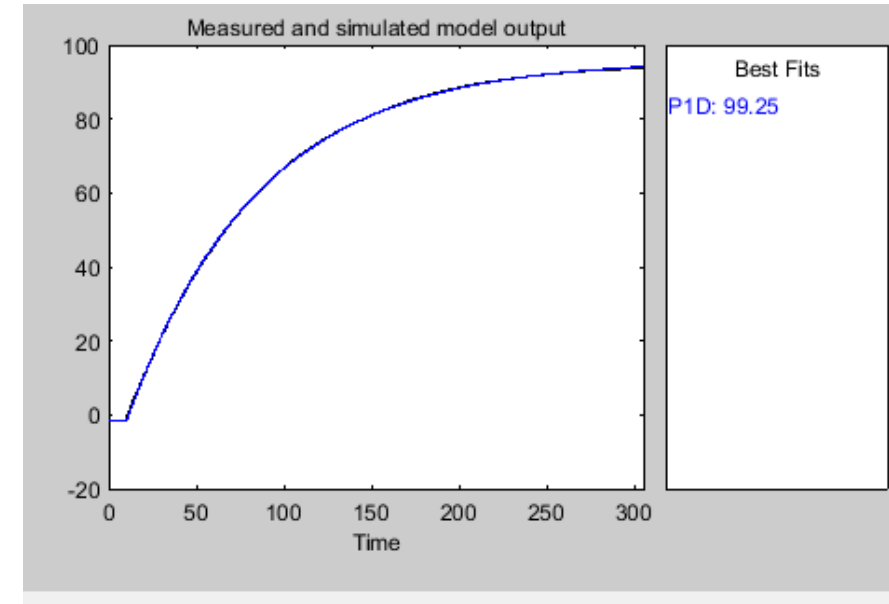
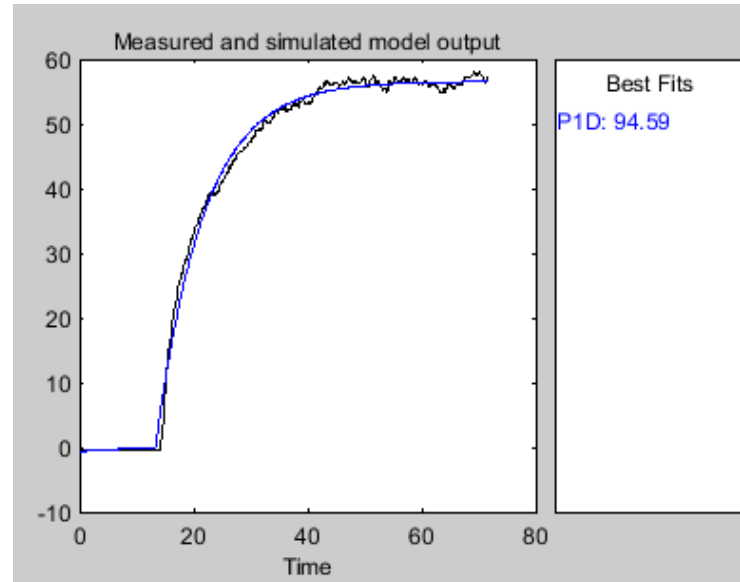
1 All real

Zero
 Delay
 Integrator

Par	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	1.1312	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	8.3368	Auto	[0 10000]
Tp2	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	10.6096	Auto	[0 20]

Initial Guess

Auto-selected
 From existing model:
 User-defined: Value-->Initial Guess



Modelos Matemáticos Obtenidos

$$G(s) = \frac{1.1312}{8.3368s + 1} e^{-10.61s}$$

$$G(s) = \frac{1.7459}{74.709s + 1} e^{-4.6138s}$$

DISEÑO DE LOS CONTROLADORES

Sistema de control de Caudal

$$G(s) = \frac{1.1312}{8.3368s + 1} e^{-10.61s}$$

Método	Controlador		Parámetros		
			k	Ti (min)	Td (min)
Cohen-Coon	PI		0.6984	0.1713	
	PID		1.1525	0.3122	0.0527
Sintonía Lambda	PI	Robusto	0.2069	0.1389	
		Agresivo	0.3890	0.1389	
	PID	Robusto	0.3978	0.2274	0.0540
		Agresivo	0.884	0.2274	0.0540
Haalman	PI		0.4631	0.1389	

DISEÑO DE LOS CONTROLADORES

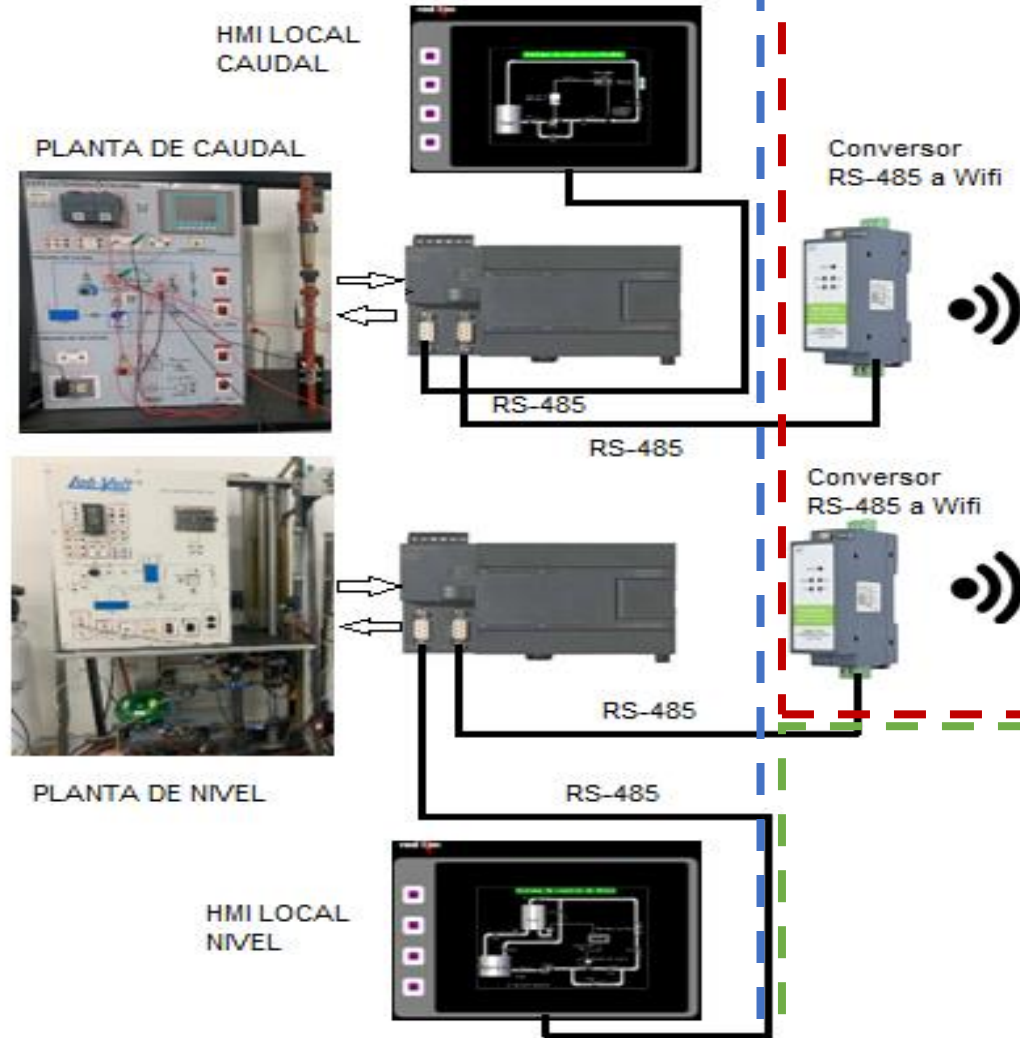
Sistema de control de Nivel

$$G(s) = \frac{1.7459}{74.709s + 1} e^{-4.6138s}$$

Método	Controlador		Parámetros		
			k	Ti (min)	Td (min)
Cohen-Coon	PI		8.3946	0.2247	
	PID		12.6599	0.1876	0.0281
Sintonía Lambda	PI	Robusto	0.1871	1.2452	
		Agresivo	0.5395	0.2452	
	PID	Robusto	0.1948	1.2836	0.0373
		Agresivo	0.573	1.2836	0.0373
Haalman	PI		6.1831	1.2452	

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO



RED INALAMBRICA



ELECCIÓN DEL CONTROLADOR UTILIZADO PARA CAUDAL

Graficas obtenidas de los controladores para Caudal

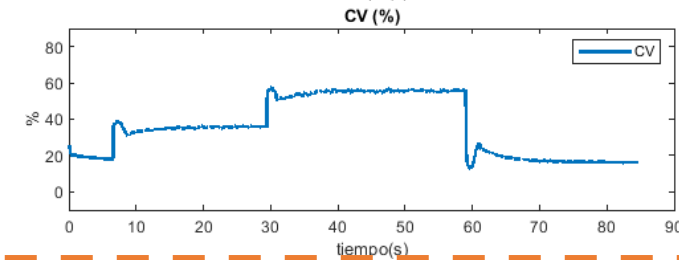
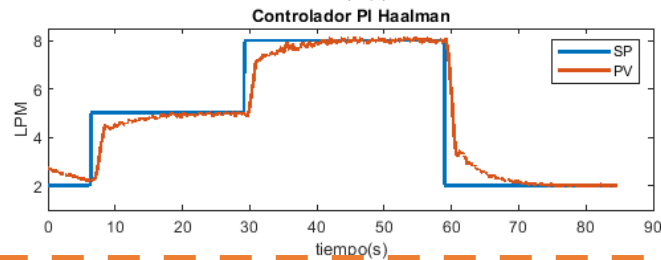
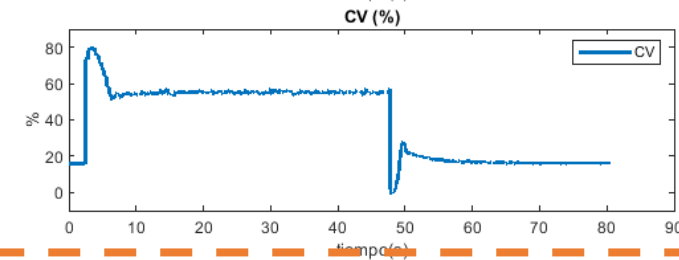
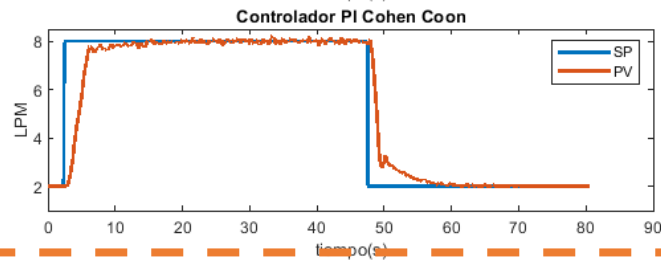
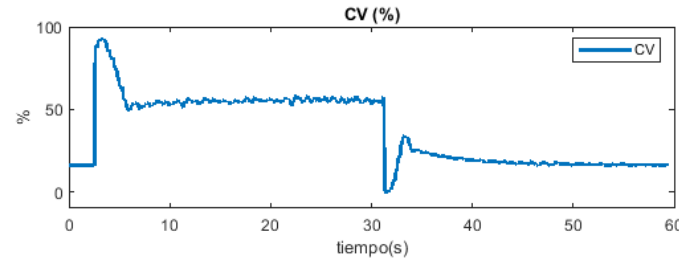
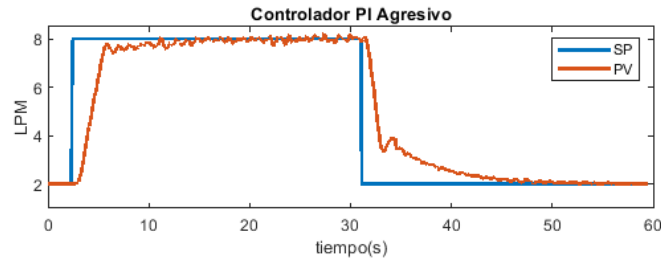


Tabla comparativa de los controladores implementados en la planta de caudal

Método	%(OS)	Ts(s)
Lambda PI agresivo	0	18.6
Cohen Coon PI	0	15.2
Haalman PI	0	10



ELECCIÓN DEL CONTROLADOR UTILIZADO PARA NIVEL

Graficas obtenidas de los controladores para Nivel

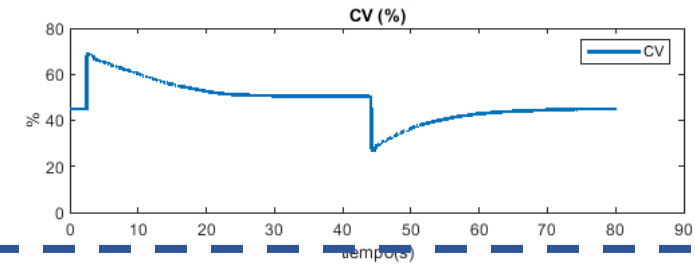
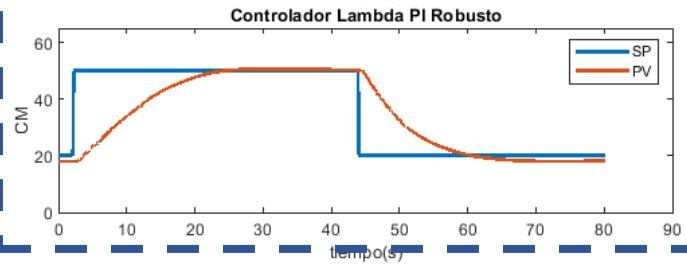
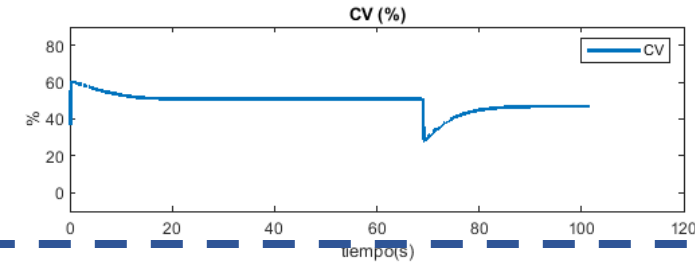
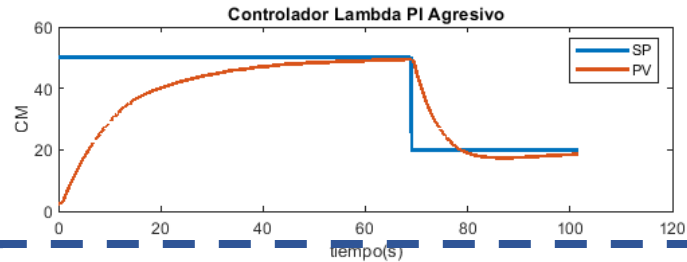
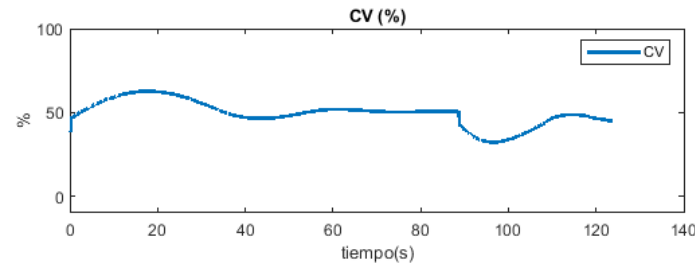
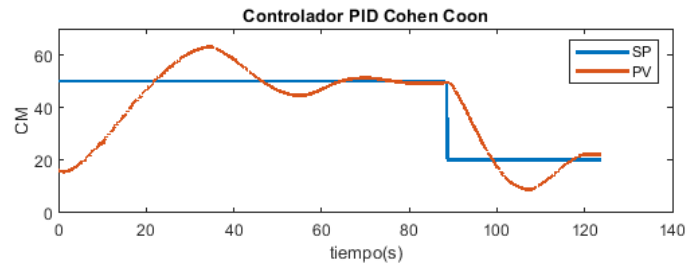


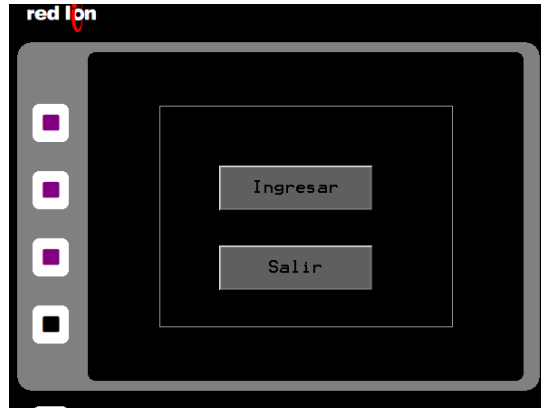
Tabla comparativa de los controladores implementados en la planta de nivel

Método	%(OS)	Ts(s)
Cohen Coon PID	14	80
Lambda PI agresivo	0	60
Lambda PI robusto	0	26



PROGRAMACIÓN RED LION

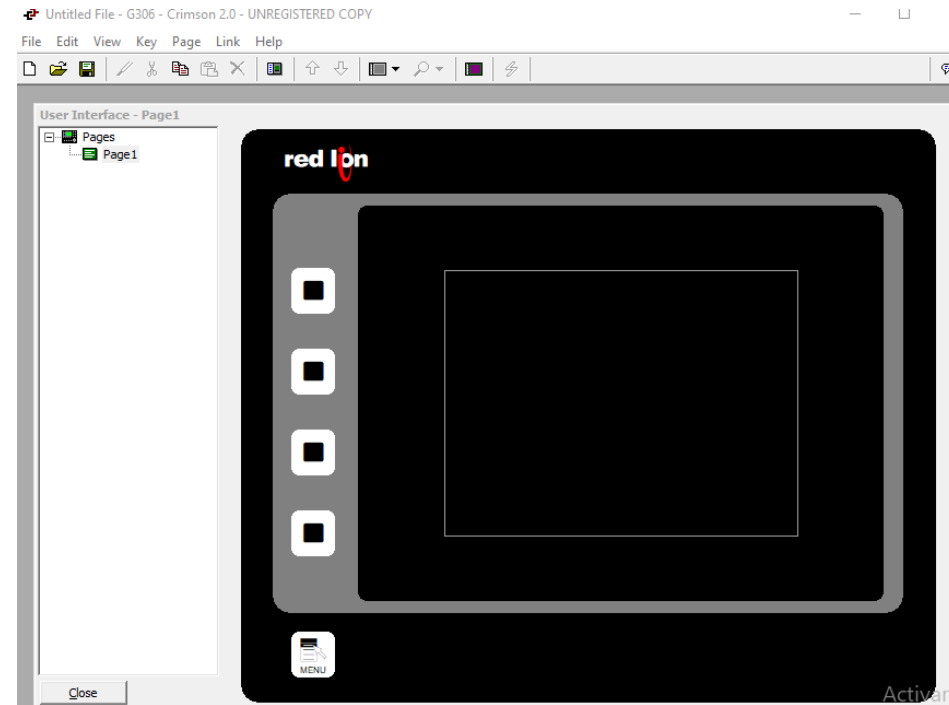
Ventana para ingresar



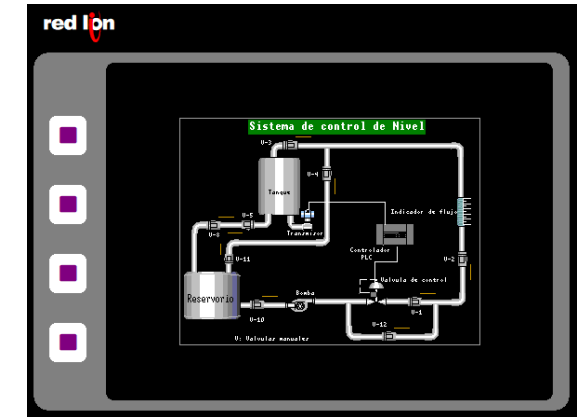
Ventana de Controles



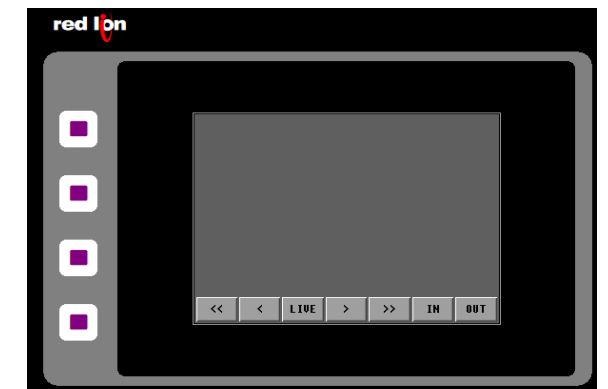
Desarrollo del HMI



Ventana para el proceso

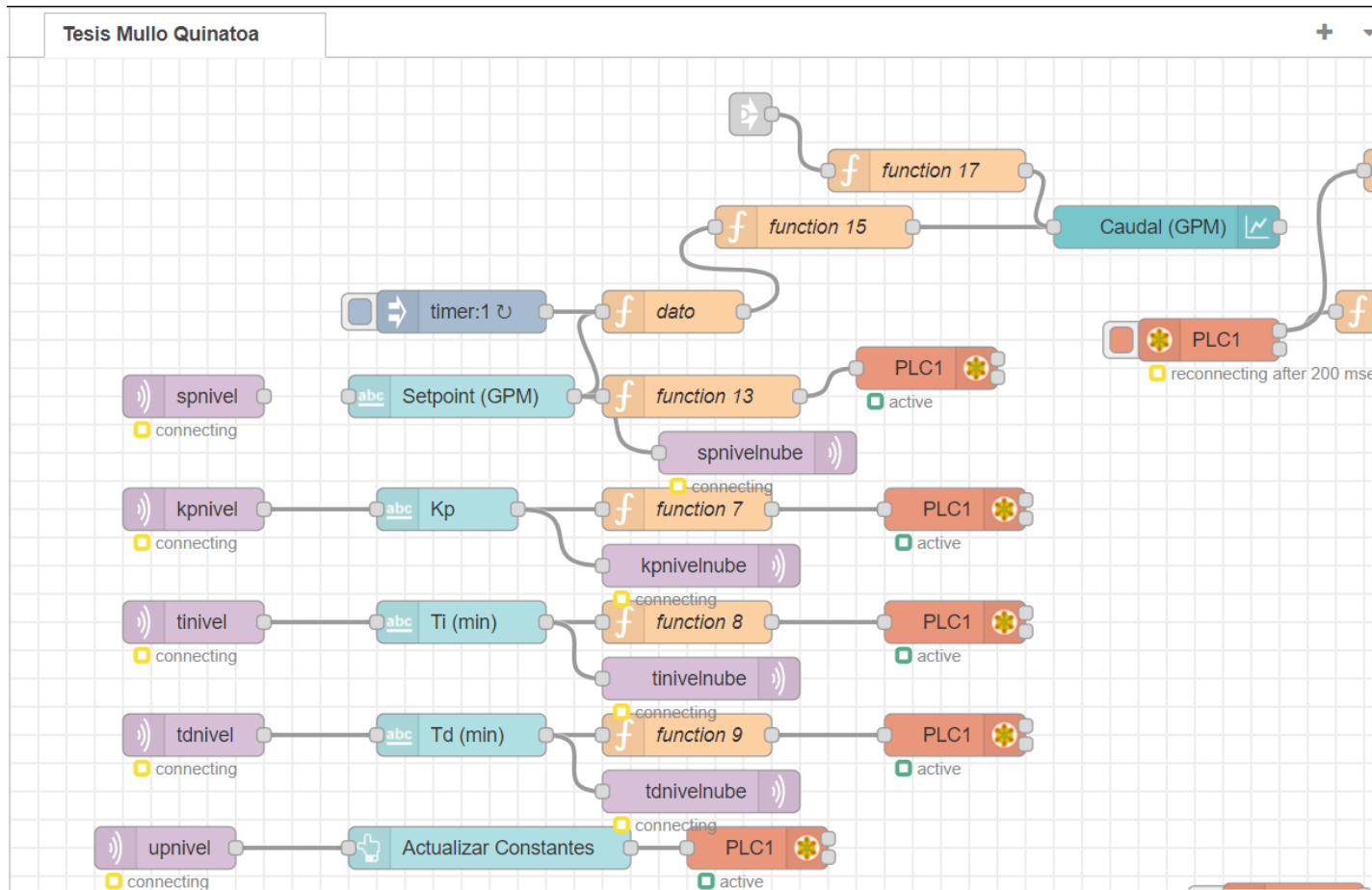


Ventana para tendencias



PROGRAMACIÓN NODE-RED

Entorno de programación Node-Red



Function Node

Edit function node

Delete

⚙️ Properties

📄 Name

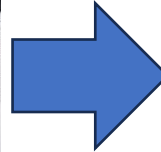
⚙️ Setup On Start On Message

```
1 var a = msg.payload;
2 msg.payload = ((a-2)/8)*1000;
3 return msg;
```

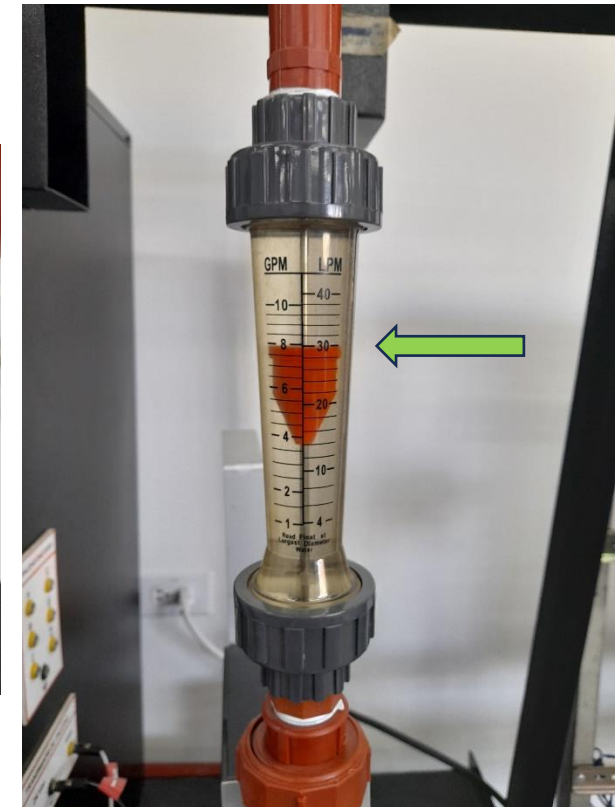
HMI MEDIANTE CONTROL LOCAL-CAUDAL



Pantalla Red Lion



Transmisor +GF+850

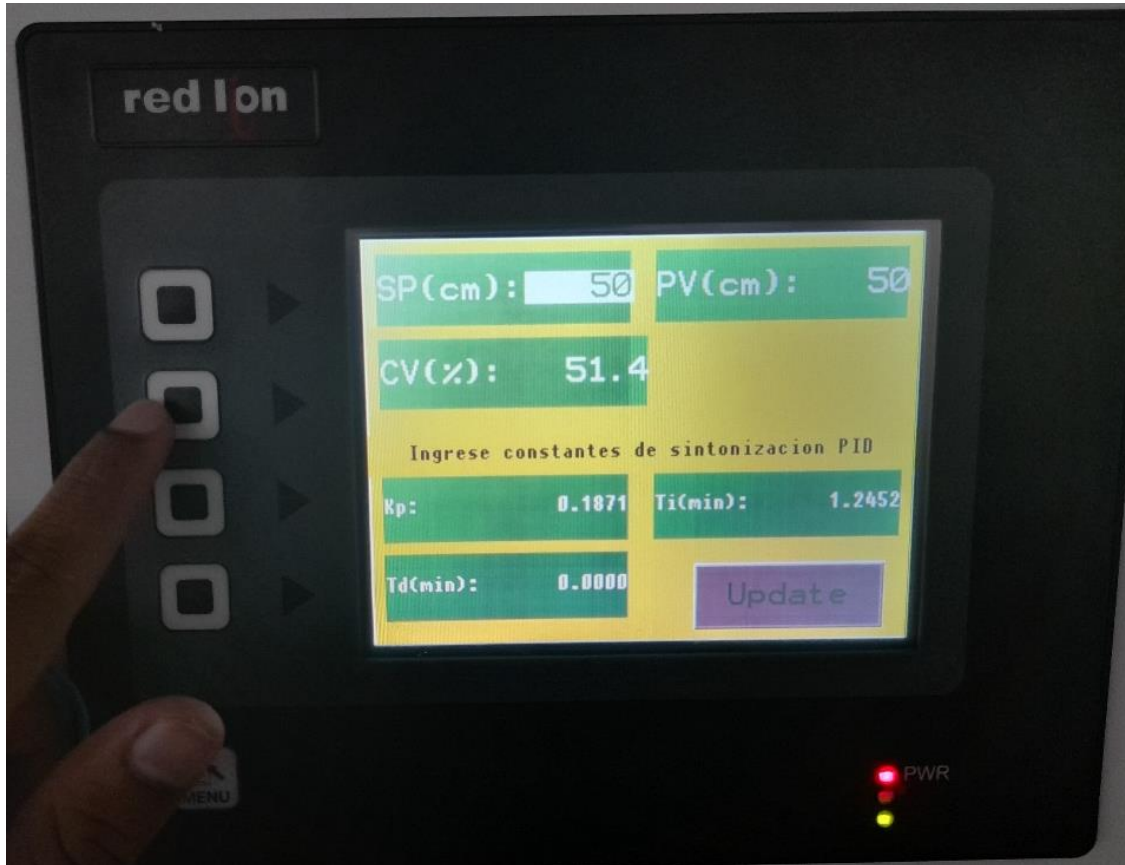


Indicador de flujo

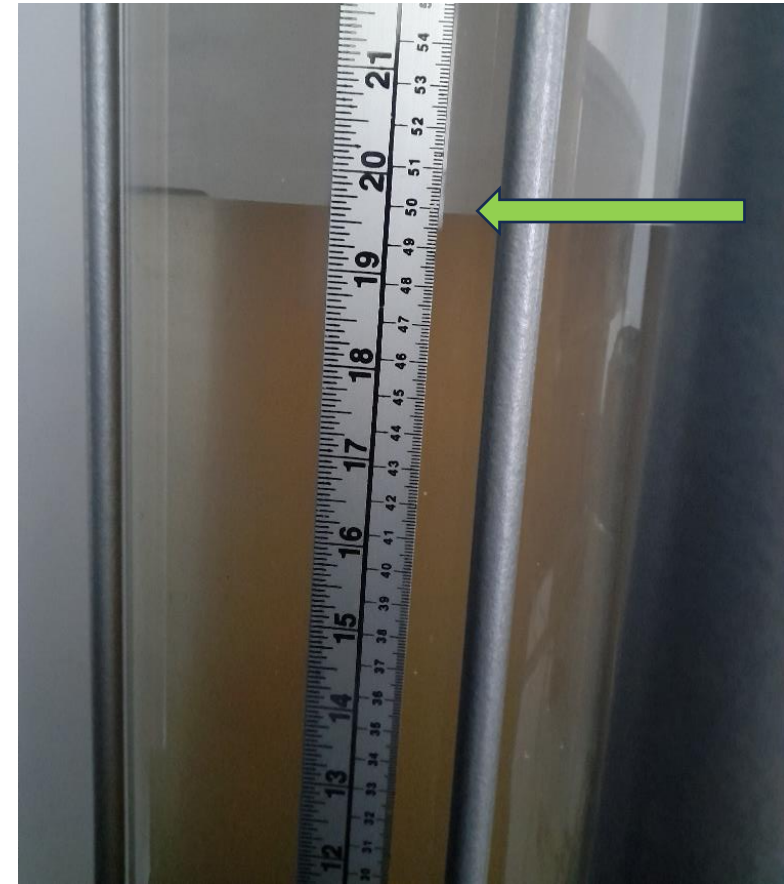
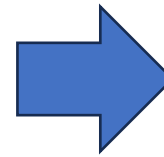
TENDENCIAS-CAUDAL



HMI MEDIANTE CONTROL LOCAL-NIVEL



Pantalla Red Lion



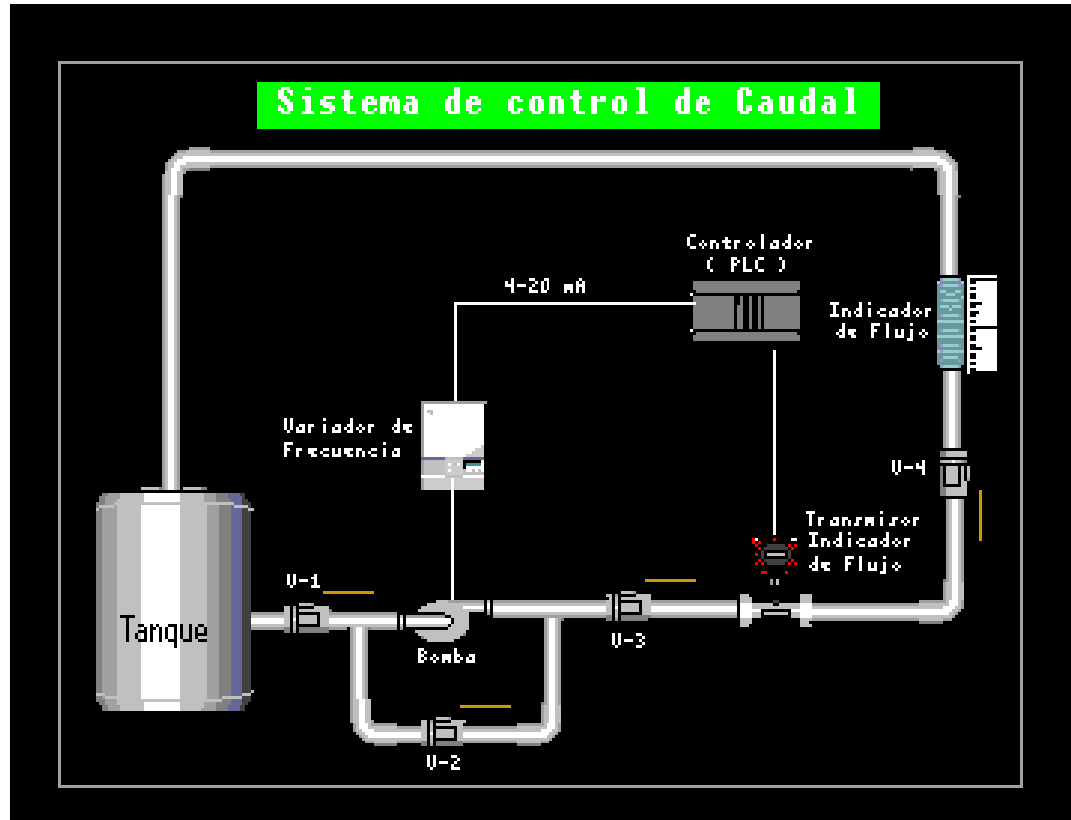
Tanque de medición de Nivel

TENDENCIAS-NIVEL

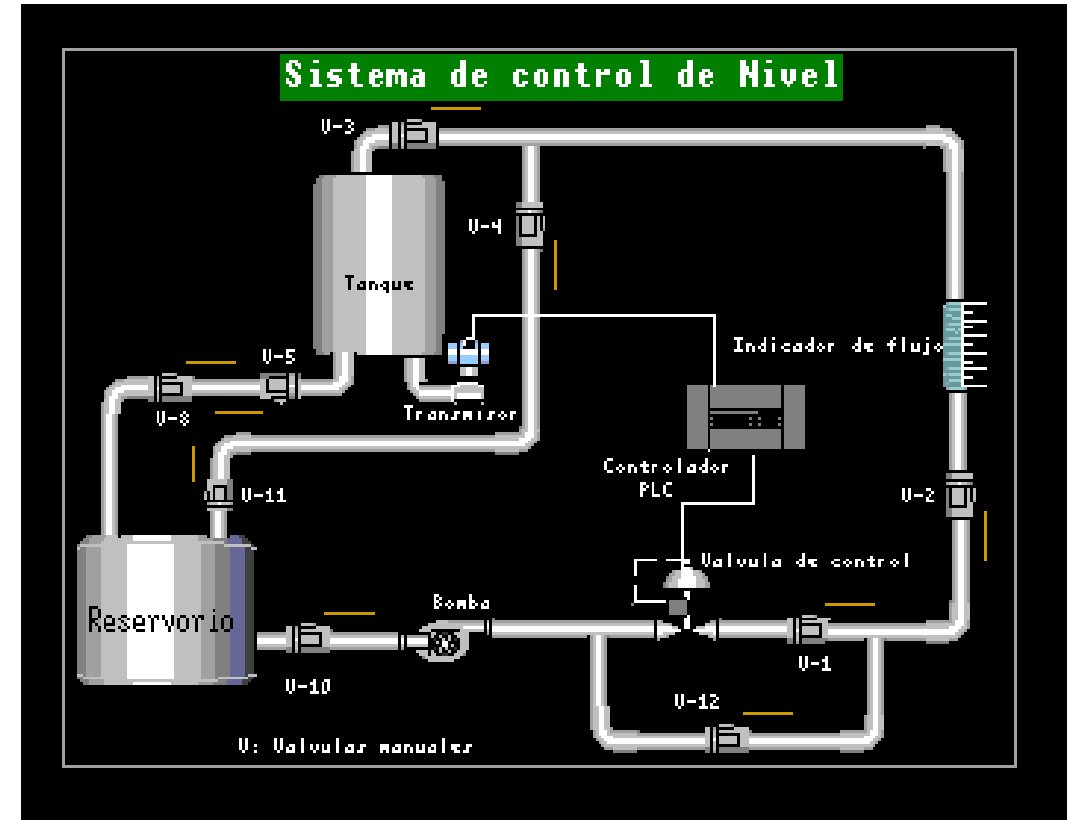


PROCESO 3D

Sistema de Control de Caudal



Sistema de Control de Nivel



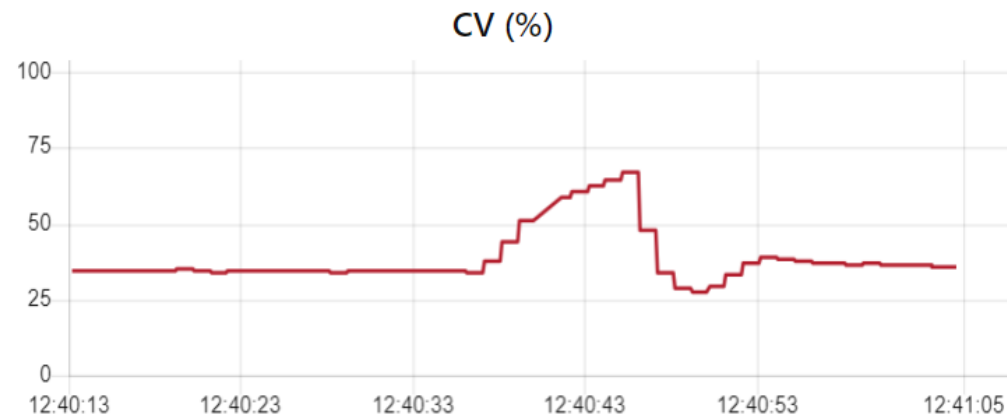
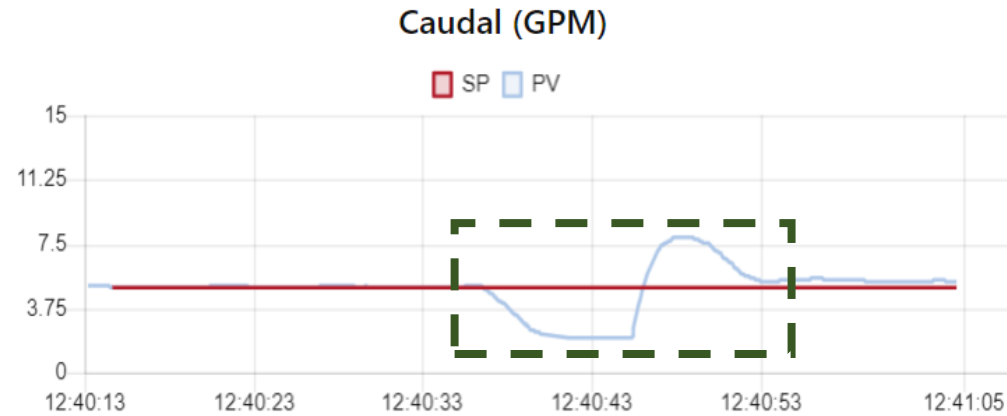
HMI PARA CONTROL DE MANERA REMOTA

HMI, para los controles de la planta de Caudal

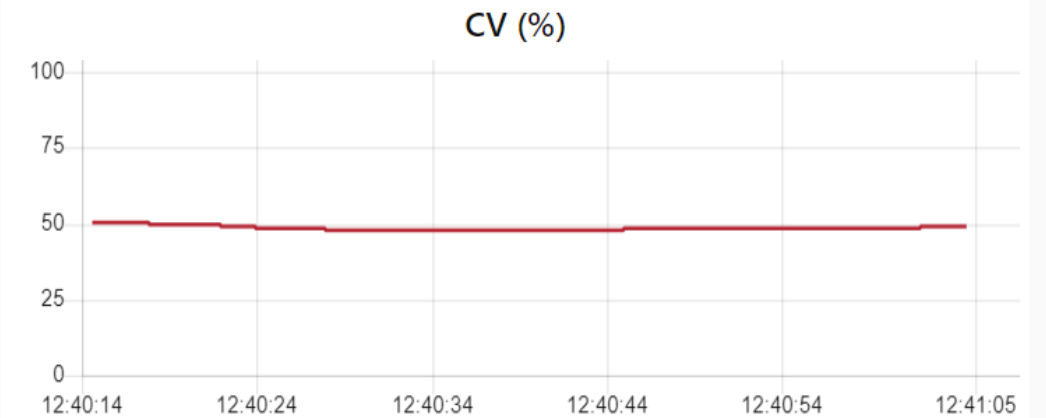
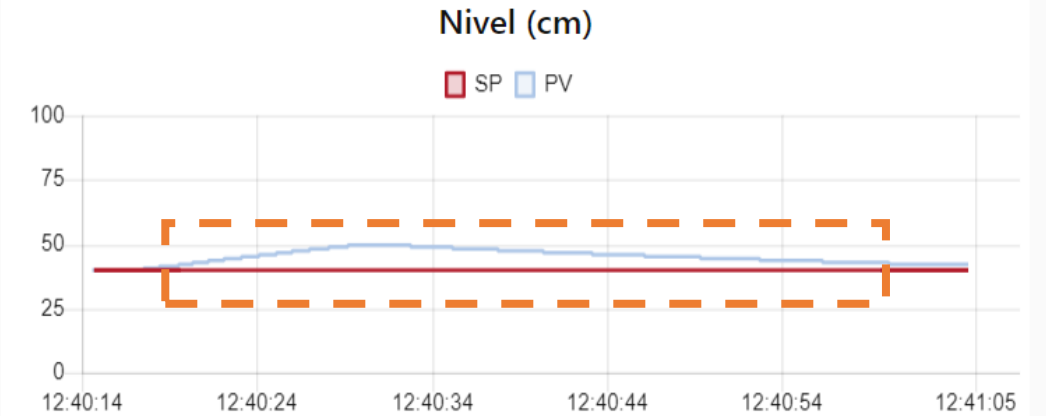
Caudal	Constantes del Controlador
Setpoint (GPM) 5	Kp 0,4631
Caudal (GPM) 5.04	Ti (min) 0,1389
	Td (min) 0
	ACTUALIZAR CONSTANTES

TENDENCIAS (CAUDALNIVEL) NODE-RED

Tendencias - Caudal



Tendencias - Nivel



CONCLUSIONES

- El sistema implementado utilizó equipos que no poseen de manera nativa módulos de comunicación inalámbrica, esto se realizó mediante la aplicación de un protocolo de comunicación como Modbus, debido a que se trata de una red de comunicación basada en el uso de protocolos de comunicación abierto que no se encuentra ligado a una marca de equipos particular.
- Las redes de comunicación inalámbricas permiten el control y monitoreo de estaciones remotas, la diferencia del sistema implementado con otros radica en que se utilizaron equipos que no disponen de manera nativa canales de comunicación inalámbrico o ethernet, siendo una manera de reutilizar equipos ya implementados en campo.

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema el cual puede acceder de manera inalámbrica y local, esto para mantener el control de las plantas en el caso de que exista una desconexión inesperada de la red inalámbrica.
- Las normas de diseño de HMI, permiten el correcto diseño de los entornos en los que el usuario navegará, siendo necesario que este sea intuitivo y fácil de utilizar por parte del operador.



RECOMENDACIONES

- El sistema implementado se basa en la conexión Wifi es por ello que tiene las mismas limitaciones, sin embargo, al tratarse de equipos de carácter industrial tiene mayor flexibilidad tanto en el alcance y ubicación, es importante recordar esto para una implementación en un entorno industrial fuera del laboratorio.
- Recordar las bases del protocolo Modbus es necesario para la correcta manipulación del sistema, debido a que si se busca expandir la red es de vital importancia comprender el enrutamiento tanto de las pasarelas o equipos a conectar, así como las funciones a utilizar.
- Pueden existir micro desconexiones en la red inalámbrica esto debido a los pasos que existen entre la conversión de canales de comunicación de serial a inalámbrico.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA