



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO COMPACTA PARA LA REGULACIÓN DE VARIABLES DE CONTROL: NIVEL, CAUDAL, PRESIÓN Y TEMPERATURA EN LAZO CERRADO PARA EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEURÓNICA”**





DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
EXTENSIÓN LATACUNGA

# INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO REALIZADO POR:**

PABLO RAFAEL MUÑOZ VALVERDE  
CARLOS GABRIEL PÉREZ GUANOLUISA

**DIRECTOR DEL PROYECTO:** Ing. Wilson Sánchez M.Sc.

AGOSTO 2016



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# AGENDA

- ❖ Título del Proyecto.
- ❖ Línea de Investigación.
- ❖ Justificación e importancia.
- ❖ Objetivo General.
- ❖ Objetivos específicos.
- ❖ Metodología.
- ❖ Diseño concurrente, análisis funcional.
- ❖ Diseño Mecánico.
- ❖ Diseño Eléctrico.
- ❖ Diseño Hidráulico.
- ❖ HMI.
- ❖ PID.
- ❖ Conclusiones.
- ❖ Recomendaciones.



# Título del Proyecto

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO COMPACTA PARA LA REGULACIÓN DE VARIABLES DE CONTROL: NIVEL, CAUDAL, PRESIÓN Y TEMPERATURA EN LAZO CERRADO PARA EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA

## Línea de Investigación

Sistemas Eléctricos, Electrónicos Y Computacionales



# Justificación e Importancia

El proyecto busca aplicar los conocimientos de automatización de sistemas hidráulicos implementando un módulo didáctico compacto que permita monitorear y controlar el nivel, la temperatura, la presión y el caudal de agua de un tanque con ayuda de sensores y actuadores, utilizando como cerebro un PLC para poder gestionar las tareas de monitoreo y control del módulo que permitirán la manipulación de estas variables aportando un gran conocimiento e interacción de los estudiantes con este tipo de módulos a través de prácticas orientadas a la formación profesional de los estudiantes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA y de todo el personal técnico afín a estas áreas del conocimiento.

# Objetivo General

Diseñar e implementar una estación de trabajo compacta con sistema de regulación de nivel, caudal, presión y temperatura en bucle cerrado para el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.



# Objetivos Específicos:

1

- Diseñar la estructura física del módulo para la ubicación de los instrumentos según el diagrama P&ID.

2

- Seleccionar los diferentes dispositivos, sensores y actuadores para el control y monitoreo de las variables físicas.

3

- Instalar el módulo didáctico compacto basándonos en los diagramas P&ID y en el esquema físico.

4

- Diseñar los algoritmos de control y monitoreo para los diferentes lazos de control.

5

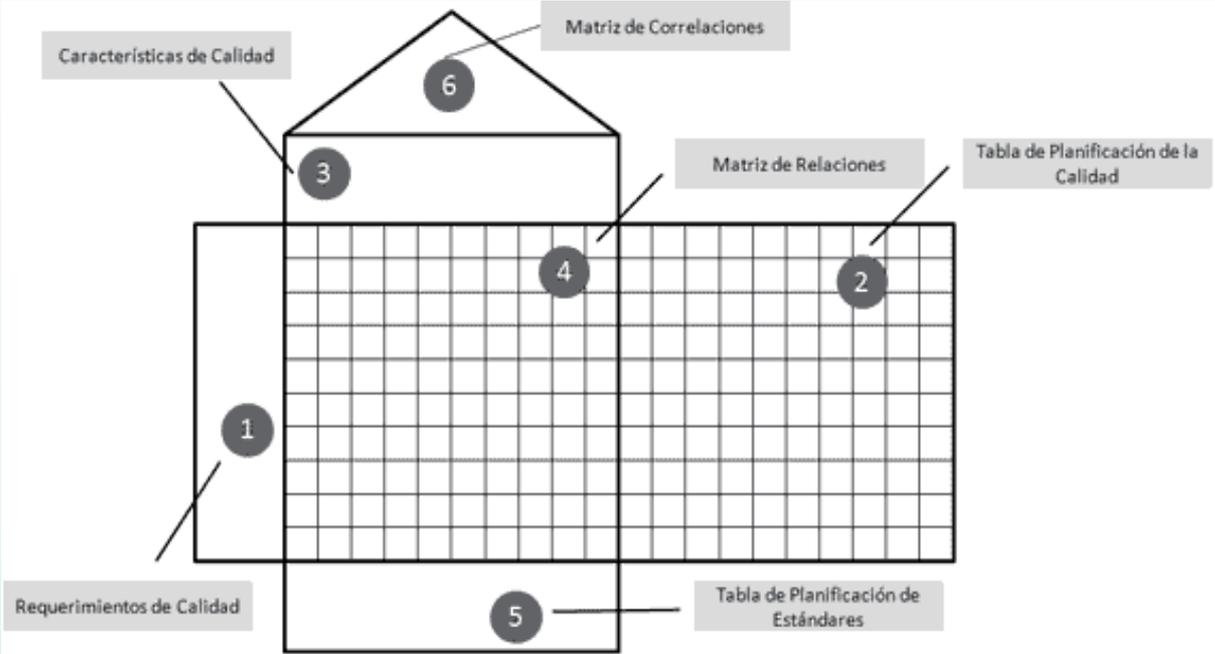
- Diseñar e implementar un HMI para el monitoreo, control y registro de las diferentes variables del módulo.



# METODOLOGÍA

- Diseño concurrente y análisis funcional.
- Análisis morfológico.
- Diseño mecánico.
- Diseño eléctrico.
- Diseño del sistema de control y HMI.

# Diseño concurrente



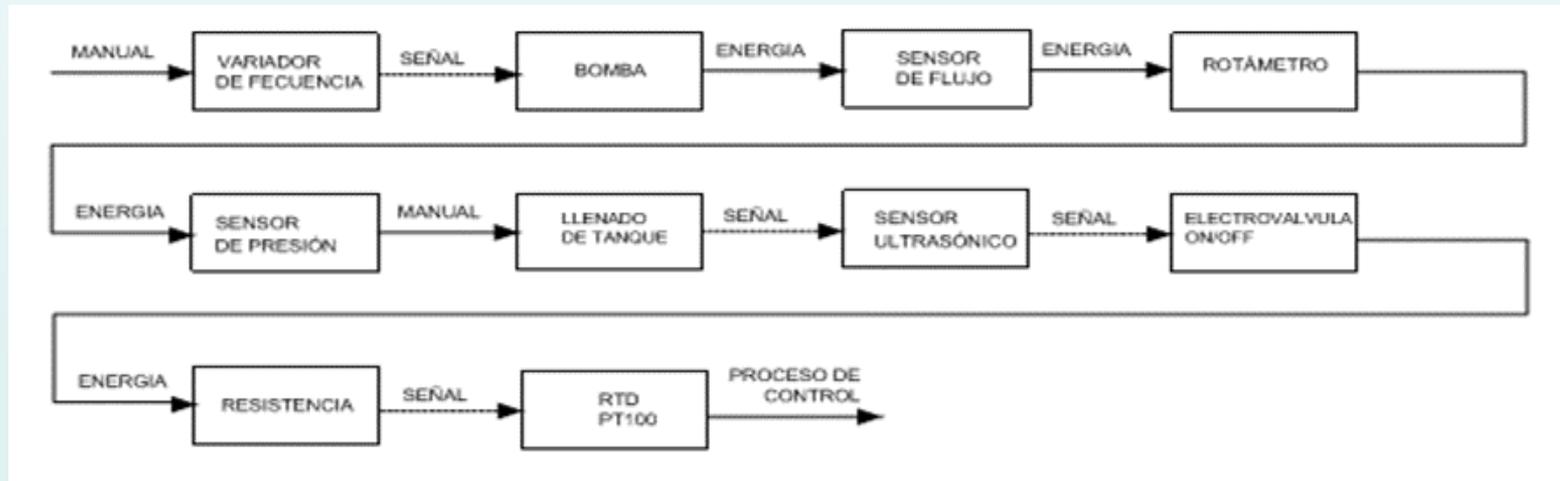


# Análisis Funcional

## NIVEL 0

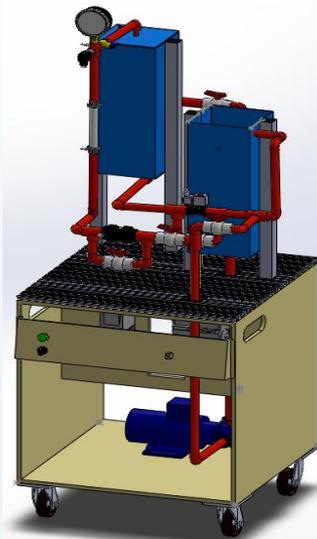


## NIVEL 1

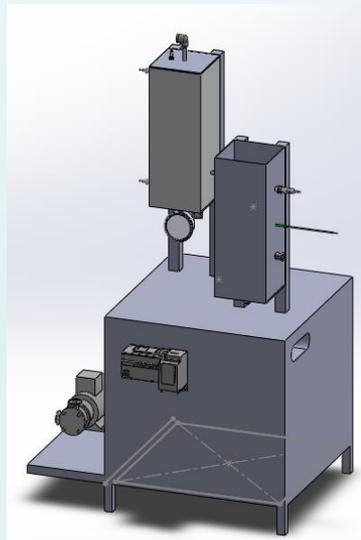


# Diseño Morfológico

## Alternativa A



Ventajas	Desventajas
Fácil Movilidad	Más inestable
Acceso al usuario	Mayor mantenimiento
Mejor seguridad en la bancada	Mayor costo

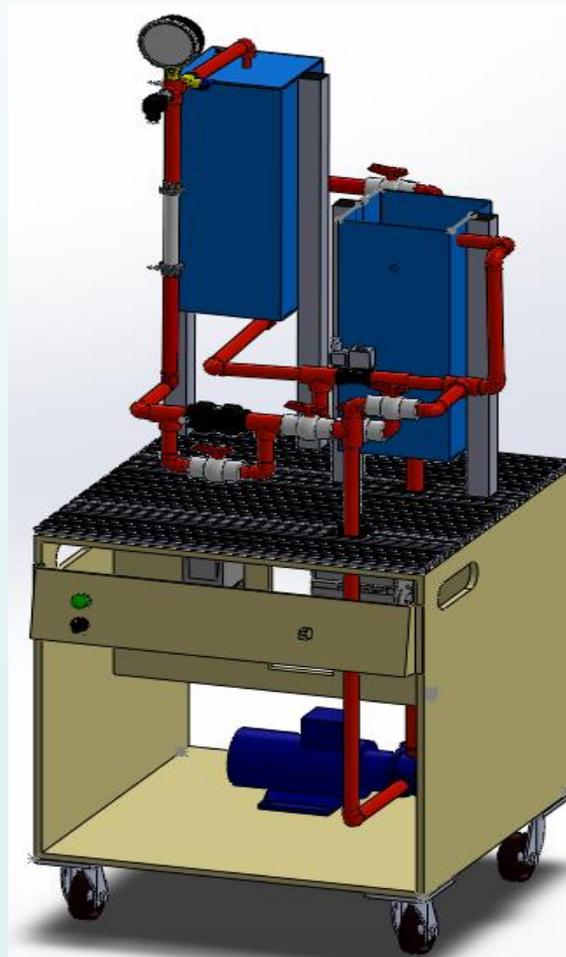


## Alternativa B

Ventajas	Desventajas
Mayor estabilidad	Inmóvil
Mayor seguridad	Difícil acceso al usuario
Menor costo	Posible pandeo en la bancada

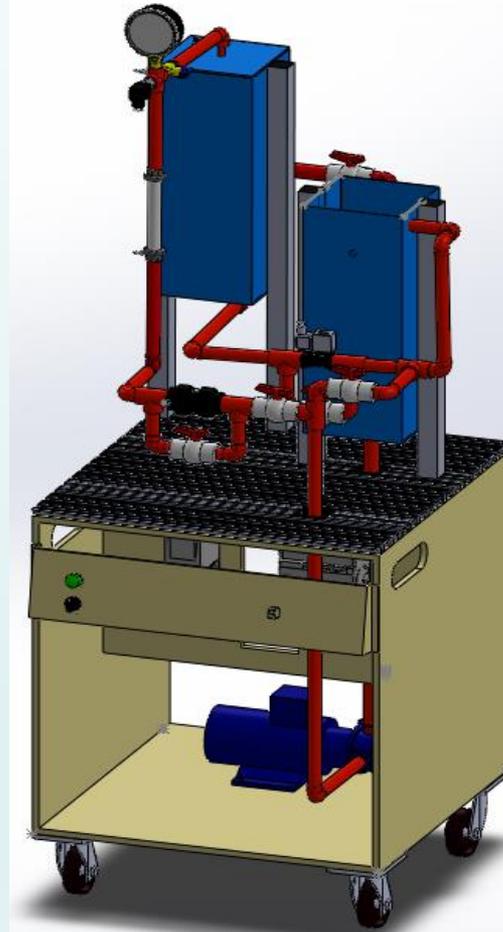


# DISEÑO MECÁNICO

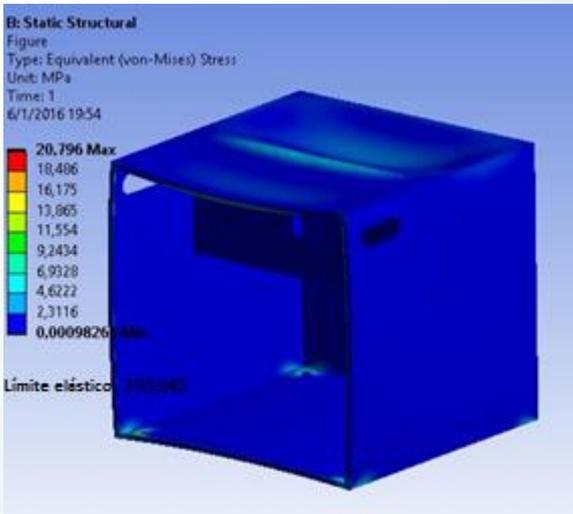


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS DE ESFUERZOS-DEFLEXIÓN- FACTOR DE SEGURIDAD



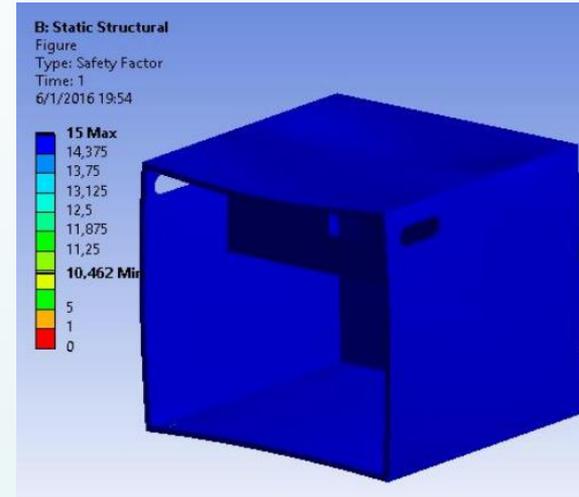
# MESA MÓVIL



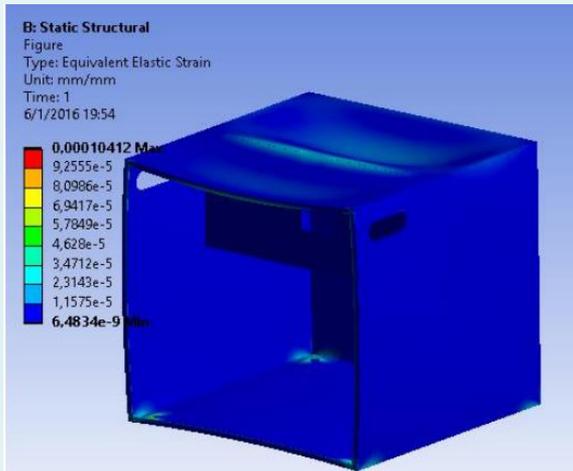
$$\sigma_r \leq [\sigma]$$

*Esfuerzo sobre la mesa ≤ esfuerzo permisible de la lamina de acero*

$$20,796 \text{ MPa} \leq 133,602 \text{ MPa}$$



Factor de seguridad=10,462



Deflexión permisible la mesa  
 $1,0412 * 10^{-4} \text{ mm}$

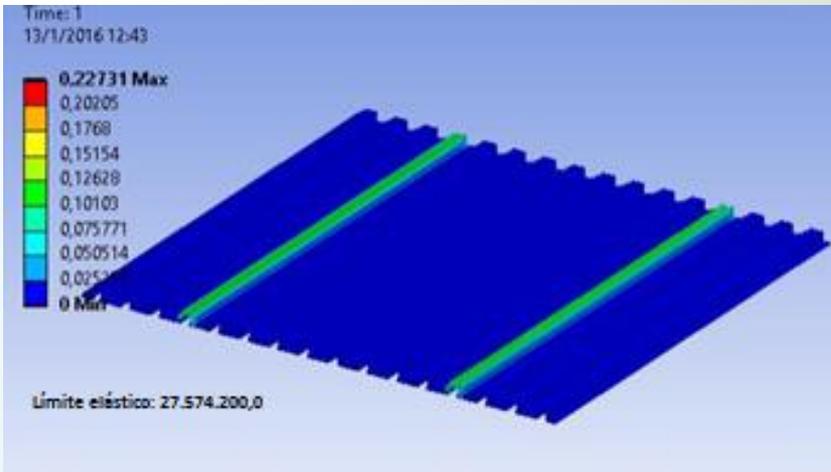


# SELECCIÓN DEL PERFIL DE ALUMINIO

Factor	Factor de ponderación	Placa perfilada Festo	Perfil estructural de aluminio cuadrado	Perfil estructural de aluminio tipo tapa acanalada
COSTO	3	1.2	2.4	2.7
		4	8	9
DISPONIBILIDAD	3	2.5	1.8	1.8
		9	6	9
TAMAÑO	2	1.8	1.4	1.8
		9	7	10
ESPECIFICACIONES	2	1.8	1.6	1.2
		9	8	6
TOTAL	10	7.3	7.2	8.1



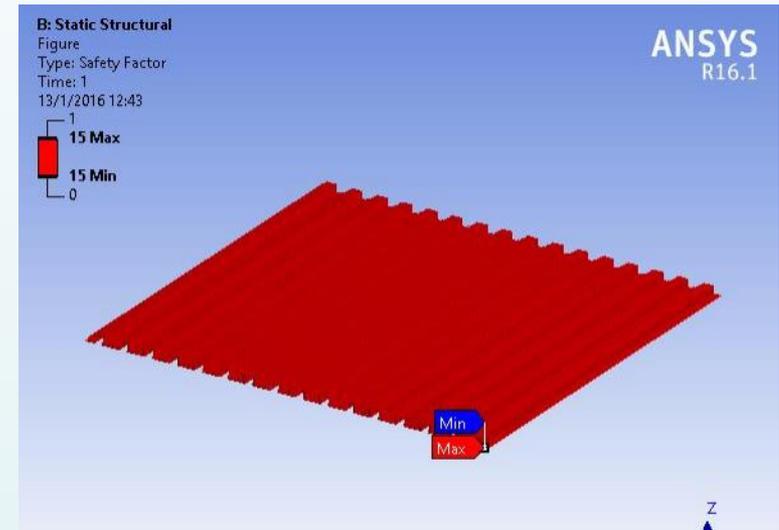
# PERFIL DE ALUMINIO



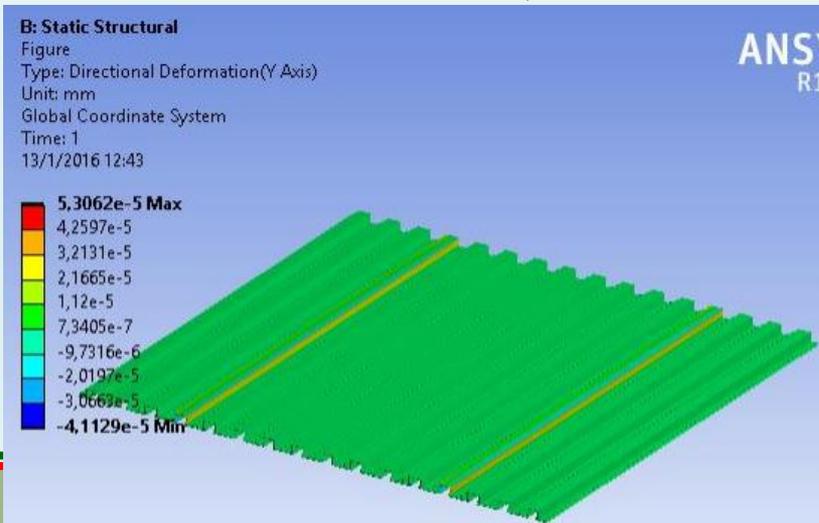
$$\sigma r \leq [\sigma]$$

*Esfuerzo sobre la placa  $\leq$  esfuerzo permisible del aluminio*

$$0.22731 \text{ MPa} \leq 18,198 \text{ MPa}$$



Factor de seguridad =15



Deflexión permisible la placa

$$5,03062 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

# SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICO

- Bomba
- Material de los tanques
- Tubería
- Instrumentos de medida

# SELECCIÓN DE LA BOMBA

Marca	Thebe	Milano (Rebobinado)
Entrada de agua	1 1/2 in	1 in
Q máx.	11 m <sup>3</sup> /h	40 L/min
Q min.	5 m <sup>3</sup> /h	-
Tensión de Entrada	220/380/440	110/220
Salida de agua	1 in	3/4 in
Potencia	¾ HP	0.5 HP
RPM	3600	3450
Conexión	3 hilos	3 hilos



# SELECCIÓN DE LA MATERIAL DE LOS TANQUES

Factor	Factor de ponderación	Vidrio	Acrílico
COSTO	2	1.4	1.8
		7	9
DIÁMETRO	2	1.8	1.8
		9	9
TAMAÑO	2	1.8	1.8
		9	9
PESO	2	1	1.8
		5	9
APARIENCIA	2	1.8	1.8
		8	9
TOTAL	10	7.8	9

# SELECCIÓN DE LA TUBERÍA



Factor	Factor de ponderación	Tubería de acero galvanizada	Tubería didáctica de plástico	Tubería de plástico PLASTIGAMA
COSTO	4	1.6	2.8	3.6
		4	7	9
DISPONIBILIDAD	3	2.7	1.8	2.7
		9	6	9
ESPECIFICACIONES	3	2.7	2.1	2.4
		9	7	8
TOTAL	10	7	6.7	8.7



# INSTRUMENTOS DE MEDIDA

## SELECCIÓN DEL ROTÁMETRO

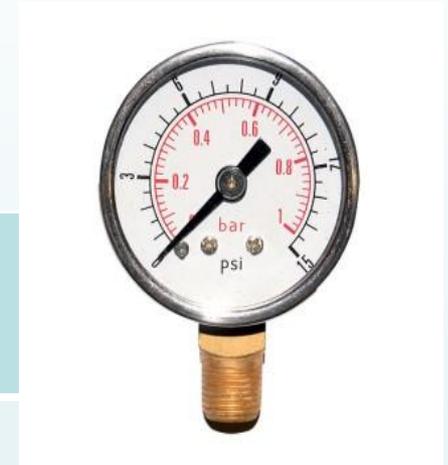


Modelo	Rotámetro ALIA serie AVF250	Rotámetro LZS-15
PRECISIÓN	$\pm 16\%$	Clase 4
PRESIÓN	40 bar	0,01 – 1.8 Nm <sup>3</sup> /h
RANGO	5 - 50 cm <sup>3</sup> /min	100 – 1000 L/h
DIÁMETRO DE ENTRADA	½ pulgada	½ pulgada
DIÁMETRO DE SALIDA	½ pulgada	½ pulgada



# SELECCIÓN DEL MANÓMETRO

Modelo	Manómetro Winters	Manómetro MA-15-10-M5
PRESIÓN MÁX	1 bar	10 bar
RANGO	0 – 1 bar	0 - 10 bar
TEMPERATURA	-20_+60 °C	20_+60 °C
PRECISIÓN	± 2,5	± 5



# SELECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

- Selección de sensores
- Selección del actuadores
- Selección del PLC
- Algoritmo de control

# SELECCIÓN DE SENSORES

## SENSOR ULTRASÓNICO



Modelo	Sensor ultrasónico UB800-18GM40	Sensor ultrasónico UB500-18GM75-I-V15	Sensor ultrasónico RPS-400-30
Rango de detección	50 ... 800 mm	30 ... 500 mm	5 - 30"
Rango de ajuste	70 ... 800 mm	50 ... 500 mm	-
Zona ciega	0 ... 50 mm	0 ... 30 mm	-
Tensión de trabajo	10 ... 30 V CC	10 ... 30 V CC	12 - 30VDC
Corriente en vacío	≤ 20 mA	≤ 45 mA	≤ 30mA
Tipo de salida	-1 salida analógica 4 ... 20 mA	-1 salida analógica 4 ... 20 mA	NPN Open Collector Transistor
Resolución	0,4 mm con máx. rango de detección	0,13 mm con rango de detección máx.	0,16 mm con rango de detección máx.



# SENSOR DE TEMPERATURA RTD



Modelo	Sensor de temperatura SN-WZPT03	Sensor temperatura PT100 tres hilos	Sensor de temperatura D11210
Rango de temperatura	0 - 400 °C	-40 ~ +400 °C	-50 ~ +400 °C
Diámetro de la sonda	5 mm	50mm x 5mm de diámetro	5mm
Longitud del cable	1 m	1.5 m	1 m

# SENSOR DE FLUJO



Modelo	Sensor de flujo YF-S201	Sensor de flujo FLU-002	Sensor de flujo FSZ-2L
Q máx.	40 L/min.	30 L/min.	40 L/min.
Q mín.	2 L/min.	1 L/min.	1 L/min.
Precisión de medición	±1.5%	±2%	-
Salida de pulsos del sensor	352 Hz a 40 L/min.	225Hz a 30 L/min.	5 -24 VDC

# SENSOR DE PRESIÓN



Modelo	Sensor de flujo DANFOSS MBS33M	Sensor de presión FLU-002	Sensor de presión YF-S201
P máx.	10 bar.	30 bar.	100 bar.
P mín.	0 bar.	1 bar.	0 bar
Precisión de medición	±1.5%	±2%	-
Salida de pulsos del sensor	4 – 20mA	4 – 20mA.	0-10 VDC

# SENSOR FLOTADOR



Modelo	Interruptor magnético de nivel SICCOM	Interruptor tipo flotador 52920 / HT-304-2	Interruptor tipo flotador 52908 / HT-304-3
Tipo	Mini Interruptor de Nivel	Mini Interruptor de Nivel, Curvo 90°	Mini Interruptor de Nivel
Material	Plástico	Metálico - Stainless Steel	Metálico - Stainless Steel
Longitud	80.15mm	130mm	130mm
Temperatura de trabajo	-10 a 130°C	-10 a 130°C	10 a 130°C
Presión	20/50Pa	20/50Pa	20/50Pa
Voltaje de alimentación	24VDC	24VDC	24VDC



# SELECCIÓN DEL ACTUADORES VARIADOR DE FRECUENCIA



Modelo	Convertidor r SINAMICS V20	Variadores de CA PowerFlex 700	Variador de frecuencia altivar 312
Tensión de entrada	200 – 220 VAC / ±10%	200 – 220 VAC	200 – 220 VAC
Corriente de entrada	10 A	10 A	8 A
Frecuencia de entrada	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Tensión de salida	0 – 220 V	0 – 220 V	0 – 220 V
Corriente de salida	3.9 A	2.2 A	3 A
Frecuencia de salida	0 – 55 Hz	0 – 55 Hz	0 – 55 Hz
Potencia	0.75 Hp	0.5 Hp	0.75 Hp



# CALEFACTOR



Modelo	Calentador SE-CAL5-15L Modelo 1554	Brida Tubular Dt-2788	Calentador Dt-4120
Tensión de entrada	110 VAC	12 V-240V	12 V-480 V
Potencia eléctrica	1500 W	200 W - 30000 W	5000 W
Capacidad en litros	15 L	-	-
Material	Metálico	Metálico	Metálico
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz

# ELECTROVÁLVULA



Modelo	Electroválvula HOYA PU-25SL	Electroválvula Cepex 9V LATCH	Electroválvula DIN bobina 2W160-15-D
Tensión de entrada	24 VDC	0 - 20 VDC	24 VDC
Potencia eléctrica	2 W	-	5000 W
Diámetro	½ In	½ In	-
Material	Plástico	Plástico con nylon reforzado	Latón
Presión	0 – 8 Bar	0,7 - 10 bar	0 ~ 0.5Mpa
Temperatura de trabajo	-5 ~ +60 °C	-	-5 ~ + 80 °C

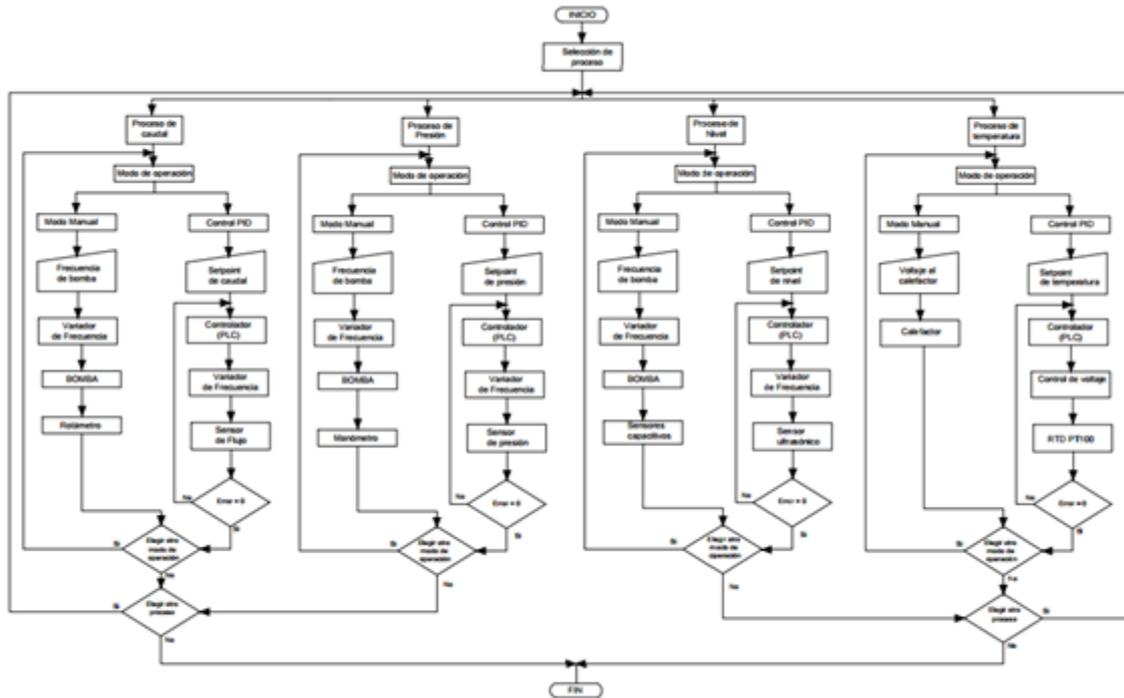
# PLC S7-1200 CPU 1212C



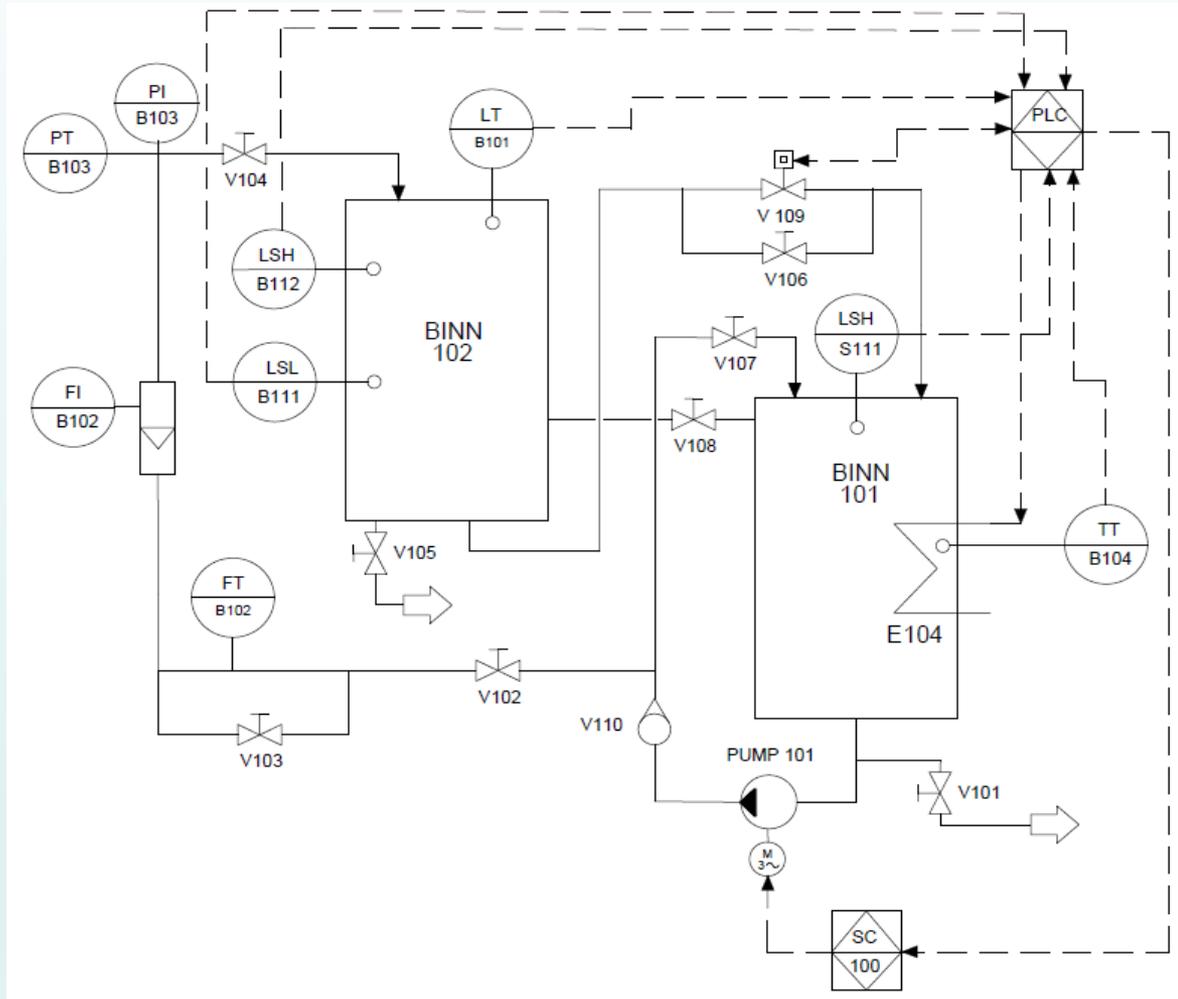
Características	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Versión	AC/DC/Relé	AC/DC/Relé	AC/DC/Relé
Tensión de Entrada	110 - 220 VAc	110 - 220 VAc	110 - 220 VAc
Entradas Digitales (DI)	8 DI a 24 VDC	14 DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC
Salidas Digitales (DO)	6 DO tipo rele	10 DO tipo rele	10 DO tipo rele
Entradas Analógicas (AI)	2 AI (voltaje)	2 AI (voltaje)	2 AI (voltaje)
Salidas Analógicas (AO)	No	No	2 AO (mA)
Tipo de las Salidas	Relé	Relé	Relé
Interfaz de Comunicación	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Temperatura de trabajo		0°C a 45°C	
Tipo de Programación	FBD, Ladder Logic	FBD, Ladder Logic	FBD, Ladder Logic



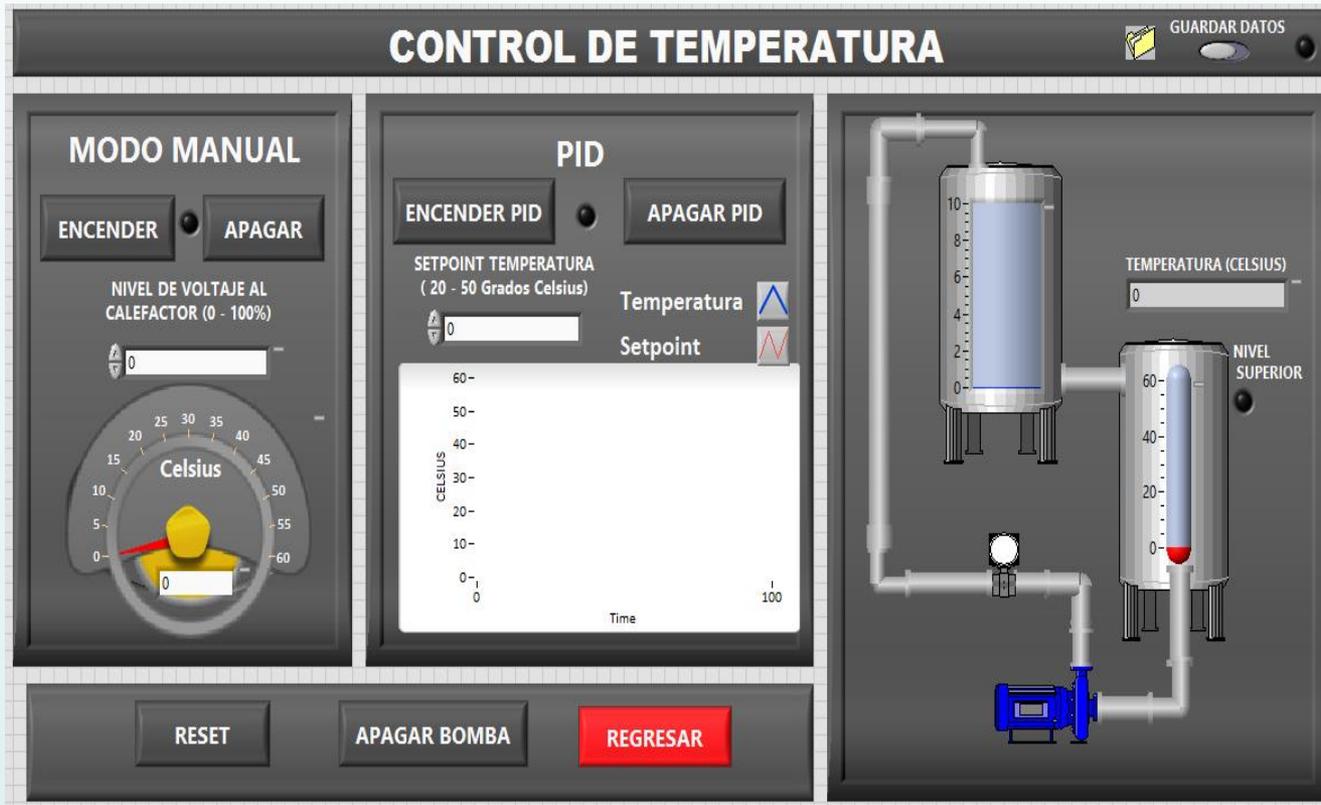
# ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN



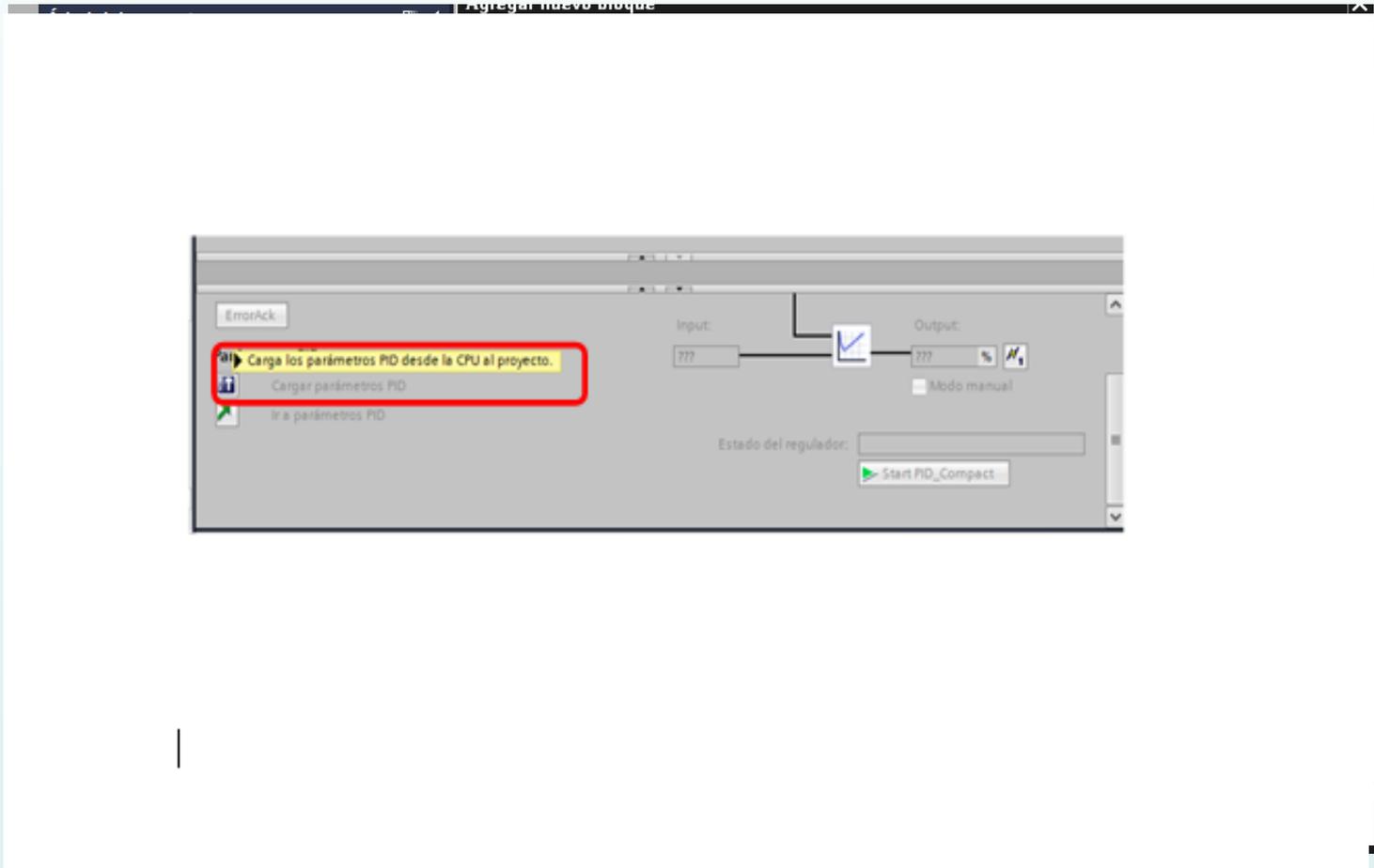
# DISEÑO DEL PLANO P&ID



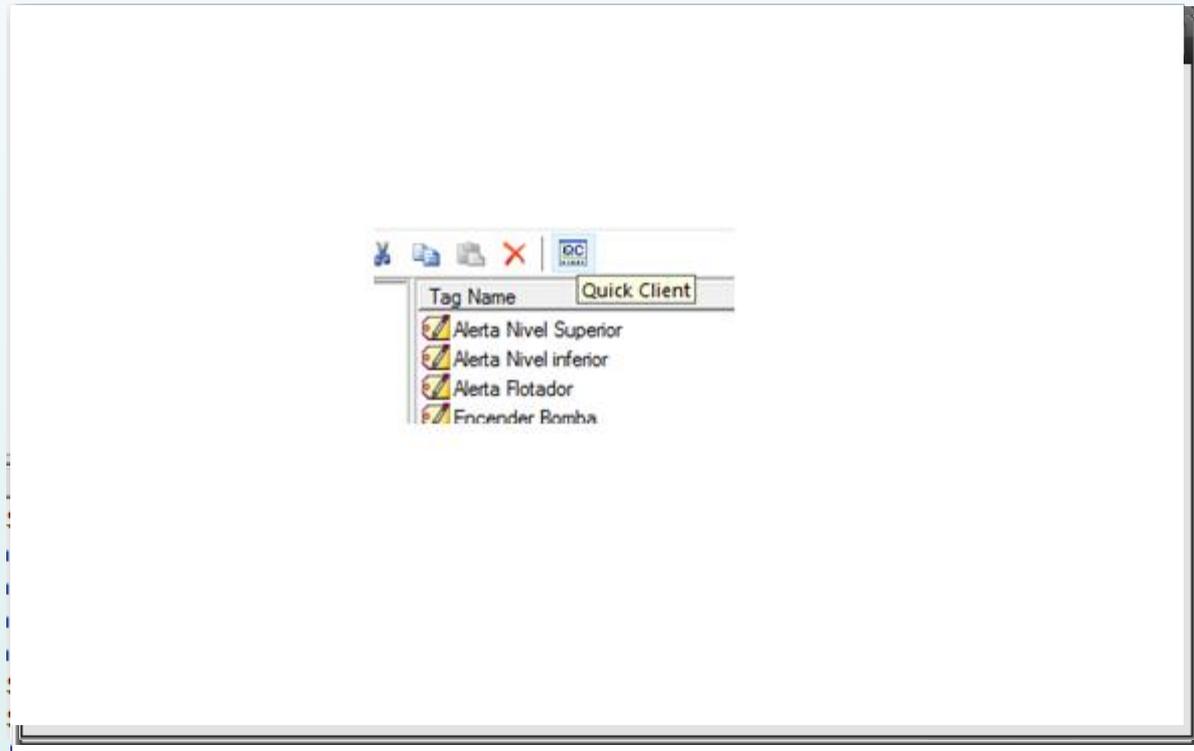
# DISEÑO DEL HMI EN LabVIEW



# REALIZACIÓN DEL PID



# Comunicación NI-OPC Servers de LabVIEW 2012 con Siemens S7-1200



# CONCLUSIONES

- El diseño y construcción del módulo didáctico para control caudal, presión, nivel y temperatura está orientado a fortalecer las competencias de los estudiantes, en el área del conocimiento de automática e instrumentación industrial.
- La selección adecuada de los componentes que conforman el módulo se realizó de tal forma que sea compacto y de fácil monitoreo, de esta manera se pueden realizar experimentos de una forma más cómoda, explorando diversas formas de lograr el mismo resultado, llegando a una experiencia cercana a la industria.
- Se construyó el módulo didáctico de tal forma que proporcione un caudal aproximado entre 150 - 400 L/h, y una presión entre 0,08 y 0,31 Bar.

- Los elementos mecánicos fueron diseñados mediante los métodos analítico y tecnológico, ocupando los softwares SOLIDWORKS 2015 y ANSYS 2012, con los cuales se determinó: dimensión, esfuerzo máximo, deflexión máxima y mínimo factor de seguridad, este último se sobredimensiono para poder incluir elementos que puedan mejorar el aprendizaje de los estudiantes.
- Se implementó la interfaz gráfica en el software LabVIEW 2012, utilizando el NI OPC Servers 2012 que permite la comunicación entre software TIA PORTAL V.13 y LabVIEW 2012 para centralizar el sistema de control de cada proceso, visualizar las variables de entradas y salidas en tiempo real y selecciona el funcionamiento individual de cada proceso.

# *RECOMENDACIONES*

- Verificar las conexiones de alimentación ya que el módulo cuenta con una entrada de 110 VAC y otra de 220 VAC.
- Revisar el manual de usuario y mantenimiento, así como los diagramas eléctrico, antes de realizar las prácticas de laboratorio.
- Para la comunicación entre el modulo didáctico y el usuario se recomienda utilizar un cable RJ-45 ya que la comunicación es mediante la Red Ethernet.



- Antes de iniciar cualquier proceso, se recomienda, cargar nuevamente la programación en el PLC y verificar la comunicación con el NI OPC Server, observando que las variables deben estar activas y en comunicación con el PLC.
- Al realizar el PID es recomendable optimizar con el valor de rango más bajo, es decir que mientras menor sea el valor mejor será el resultado de la optimización, ya que al utilizar un valor mayor puede haber una compensación mayor en los parámetros de ganancia proporcional, derivativa e integral.

- El módulo didáctico tiene un amplio campo para nuevos proyectos, recomendando utilizar una pantalla HMI y un control mediante comunicación AS-Interface, de esta manera se podrá crear una interfaz SCADA y fomentar a la investigación y nuevos modos de comunicación.

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA