



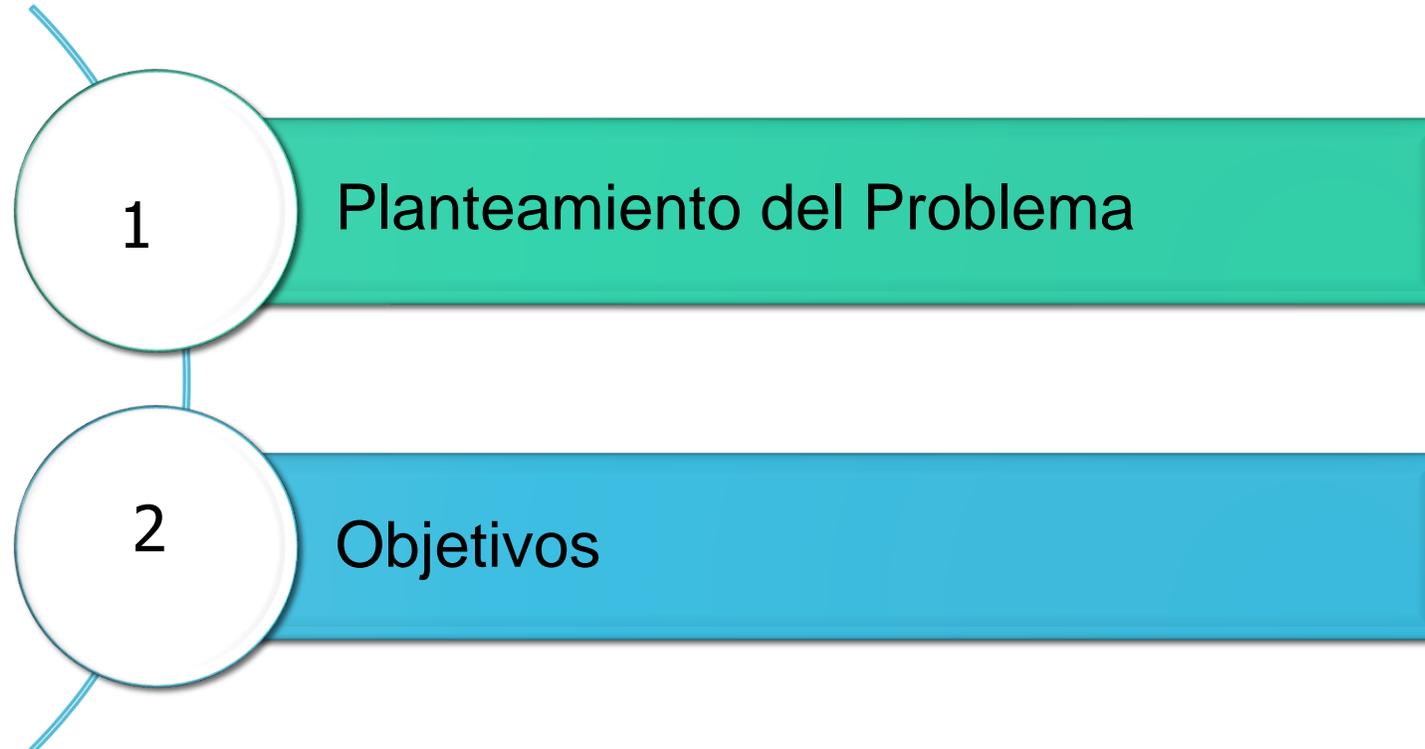


- 1 Introducción
- 2 Diseño de la red industrial
- 3 Construcción e implementación
- 4 Pruebas y resultados
- 5 Conclusiones y Recomendaciones



## INTRODUCCIÓN

---



## Planteamiento del Problema



- **Desconocimiento** de nuevas tecnologías de la industria
- **Riesgo** que empresas queden rezagadas o lleguen a desaparecer ante el desarrollo de nuevas tecnologías en la industria
- La **actualización de nuevas tecnologías** trae consigo algunas ventajas como mejorar la calidad de productos y servicios, reducción de tiempos y costos de producción.



## Planteamiento del Problema

- **Riesgo** que empresas queden rezagadas o lleguen a desaparecer ante el desarrollo de nuevas tecnologías en la industria
- La **actualización de nuevas tecnologías** trae consigo algunas ventajas como mejorar la calidad de productos y servicios, reducción de tiempos y costos de producción.
- **Ecuainsetec**
  - **brinda** asistencia técnica, capacitaciones, soluciones efectivas a problemas de la industria
  - **desarrollar** módulos demostrativos móviles con tecnología enfocada a la Industria 4.0
  - la industria ecuatoriana **conozcan** los servicios ofertados

## Objetivos



### Objetivo General

**Diseñar, construir e implementar una red industrial** multiprotocolo con enfoque a la **Industria 4.0** mediante el uso de tecnologías **IO-Link** e **IIOT** en la **Expotainer** de Ecuainsetec CIA LTDA. como una alternativa de exposición eficiente de los servicios de la empresa a los clientes.

# Objetivos Específicos



**Diseñar una red industrial multiprotocolo con enfoque a la Industria 4.0.** para seleccionar los componentes y equipos a utilizar en cada subproceso.

**Construir los módulos demostrativos** del para implementarlos en la Expotainer.

**Implementar un sistema de medición de energía** para monitorear el consumo energético de la red industrial.

**Diseñar las interfaces gráficas** de los subprocesos la red industrial multiprotocolo para el monitoreo mediante la tecnología IIOT.

**Programar los controladores PLC** de la red industrial mediante el uso de la norma IEC 61131-3 para realizar la intercomunicación y control de los equipos.

**Realizar pruebas de funcionamiento** de la red industrial multiprotocolo que permita la validación de la hipótesis.



## Descripción del Sistema Mecatrónico de dosificado con IOT

---

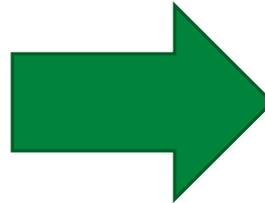
- 1 Requerimientos de diseño
- 2 Diseño e implementación de los módulos
- 3 Pruebas de funcionamiento
- 4 Análisis de resultados y conclusiones

## Necesidades del sistema de dosificado reflejadas en métricas



### *Necesidades*

Módulos y tableros robustos
Exposición interactiva
Planta didáctica de tanques
Control y monitoreo en tiempo real
Contenido informativo
Mostrar los servicios de Ecuainsetec
Sistema inteligente de medición de energía
Reutilización de componentes
Uso intuitivo
Contenido focalizado a la industria
Promover cursos, charlas y capacitaciones
Incentivar la migración a la industria 4.0
Destacar componentes relevantes
Implementación de sensórica inteligente
Interfaz web interactiva e informativa
Red con comunicación multi protocolo
Fácil puesta en marcha
Uso de periferia descentralizada



### *Métricas*

Diseño mecánico seguro
Cantidad de protocolos implementados
Cantidad de sensores inteligentes
Número de servicios ofertados
Número de componentes enfocados a la industria 4.0
Número de personas interesadas en charlas
Número de interfaces web interactivas
Validación de diseño seguro por software
Número de circuitos a medir
Nivel de aceptación del cliente
Nivel de participación interactiva del cliente
Nivel de interés del cliente por conocer otros temas
Tiempo de duración de la exposición
Porcentaje interesado en una visita personalizada
Cantidad de variables monitoreadas en tiempo real
Número de componentes de periferia descentralizada
Tiempo de puesta en marcha de la Expotainer

# Consideraciones de Diseño

## Diseño para la industria (DPI)

- Estético
- Didáctico
- Interactivo

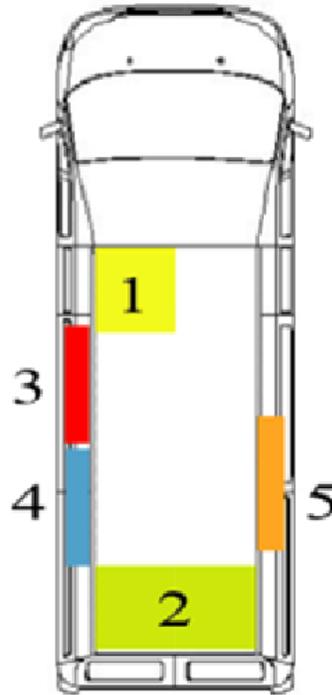
## Diseño para el ambiente (DPA)

- Reutilización de componentes destinados al desarrollo de proyectos

## Diseño para la manufactura (DPM)

- Diseño seguro de la mesa de procesos y sensórica

Subprocesos funcionales de la Expotainer

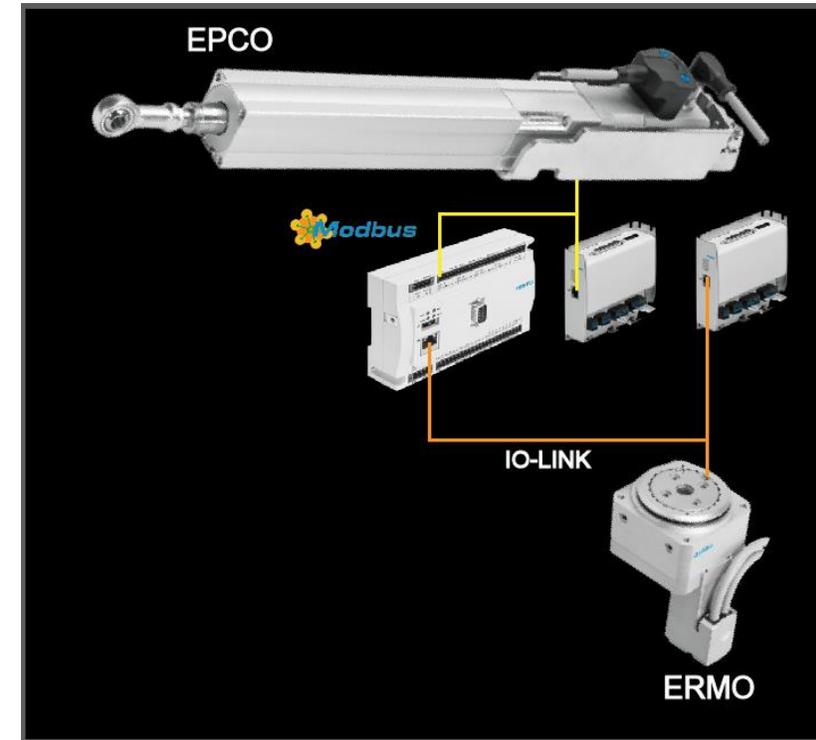
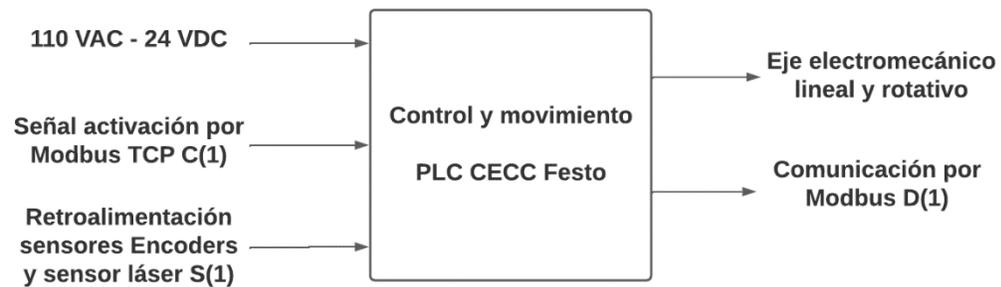
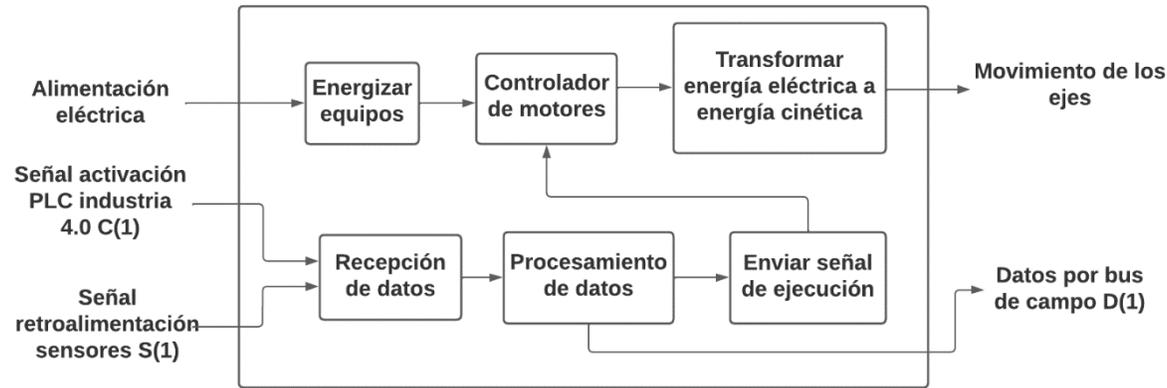


- 1 Control y Movimiento
- 2 Procesos y Sensórica
- 3 Industria 4.0 y Medición de Energía
- 4 Procesos y Periferia Descentralizada
- 5 Tablero Didáctica

# Diseño del módulo de Control y movimiento



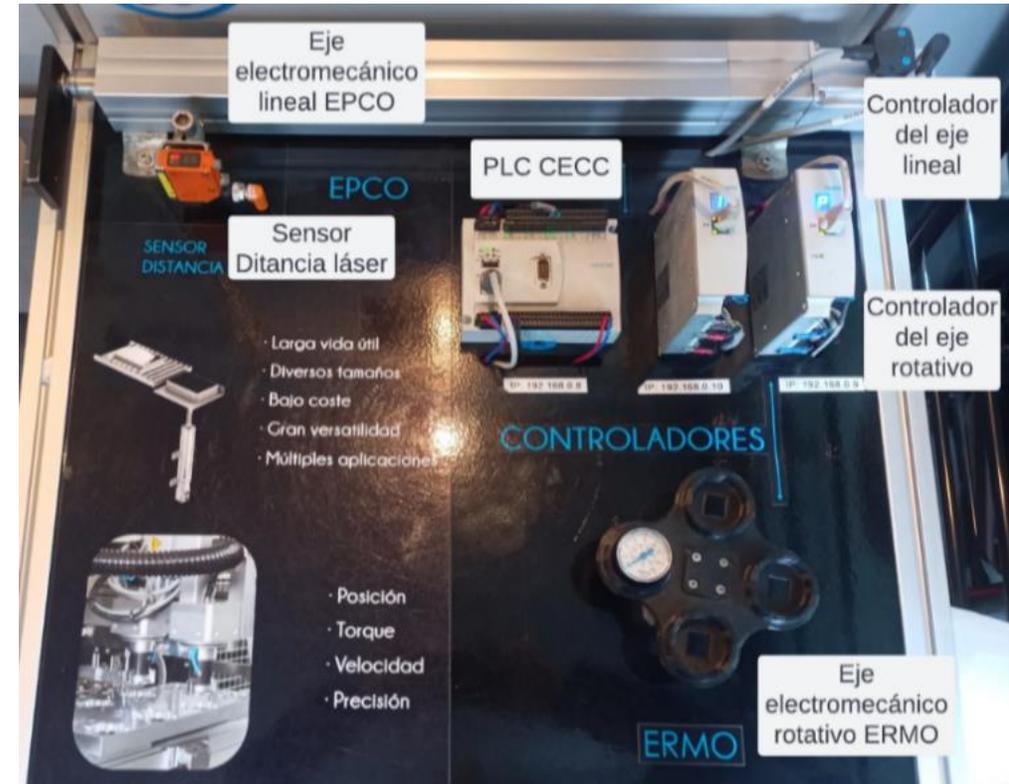
## Diseño de concepto y solución propuesta



# Construcción e Implementación en la Expotainer



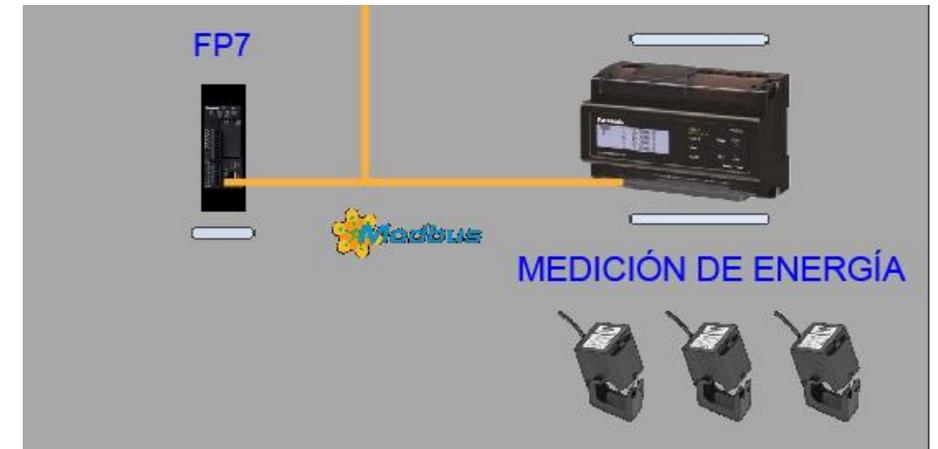
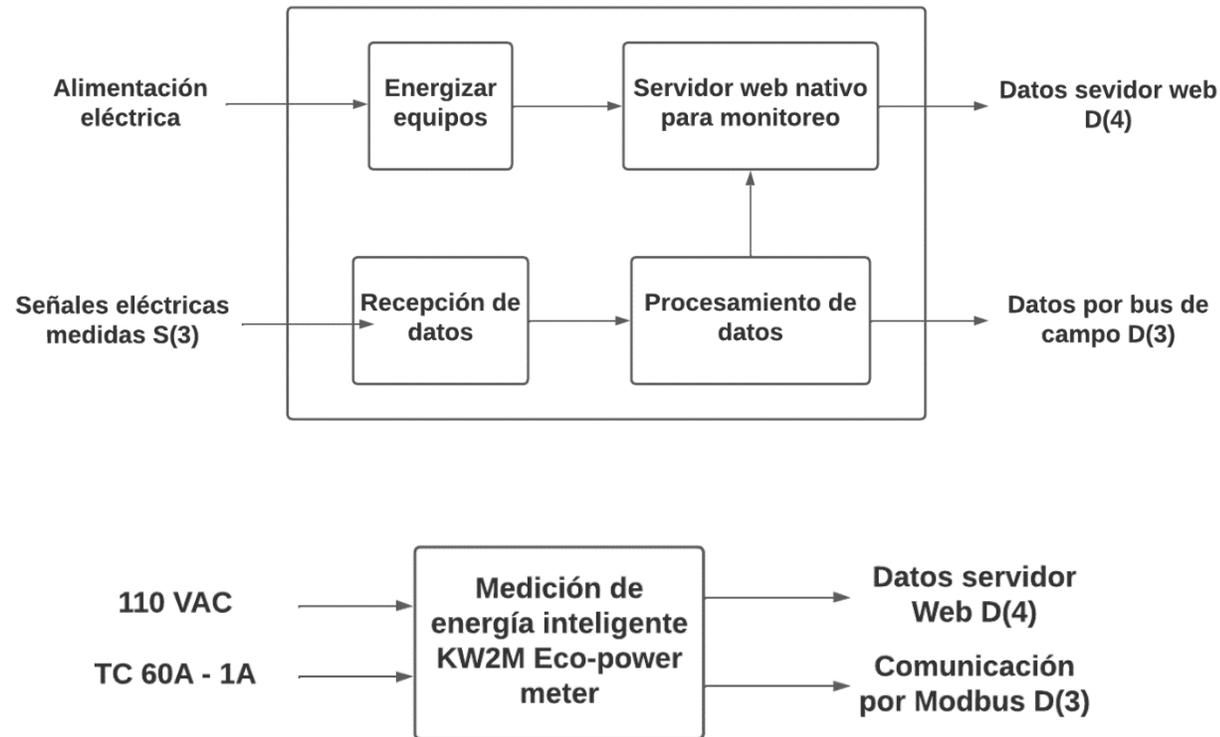
## Control y movimiento



# Diseño módulo de medición de energía inteligente



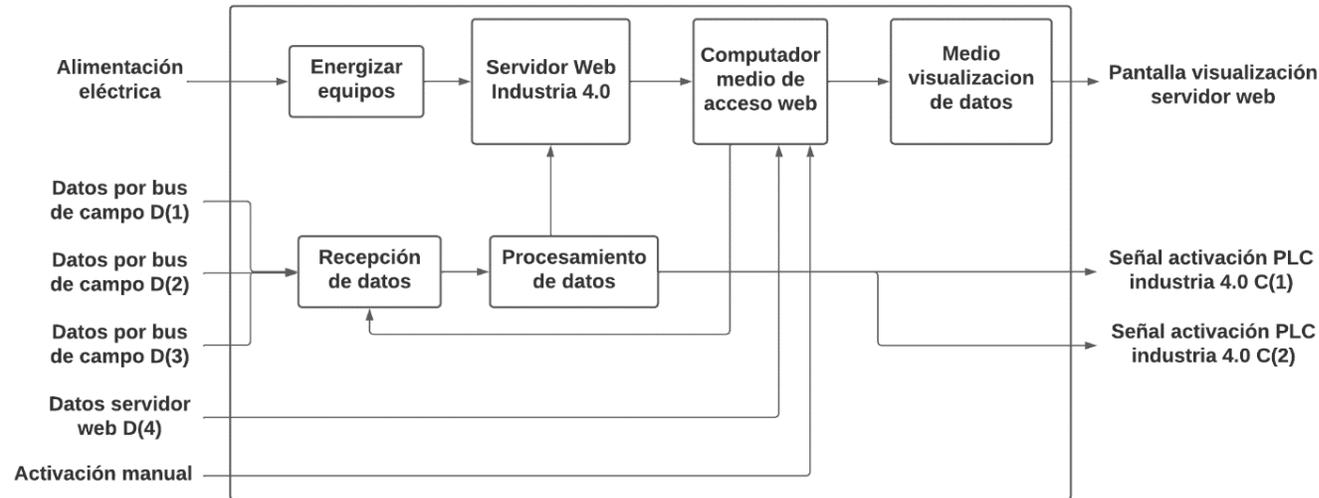
## Diseño de concepto y solución propuesta



# Diseño del módulo de Industria 4.0



## Diseño de concepto y solución propuesta



# Construcción e Implementación en la Expotainer



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

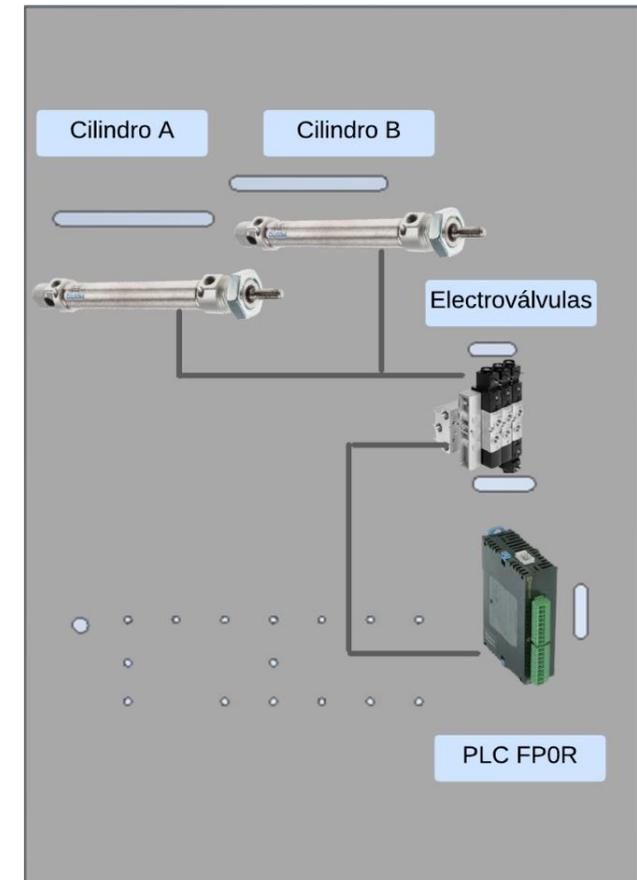
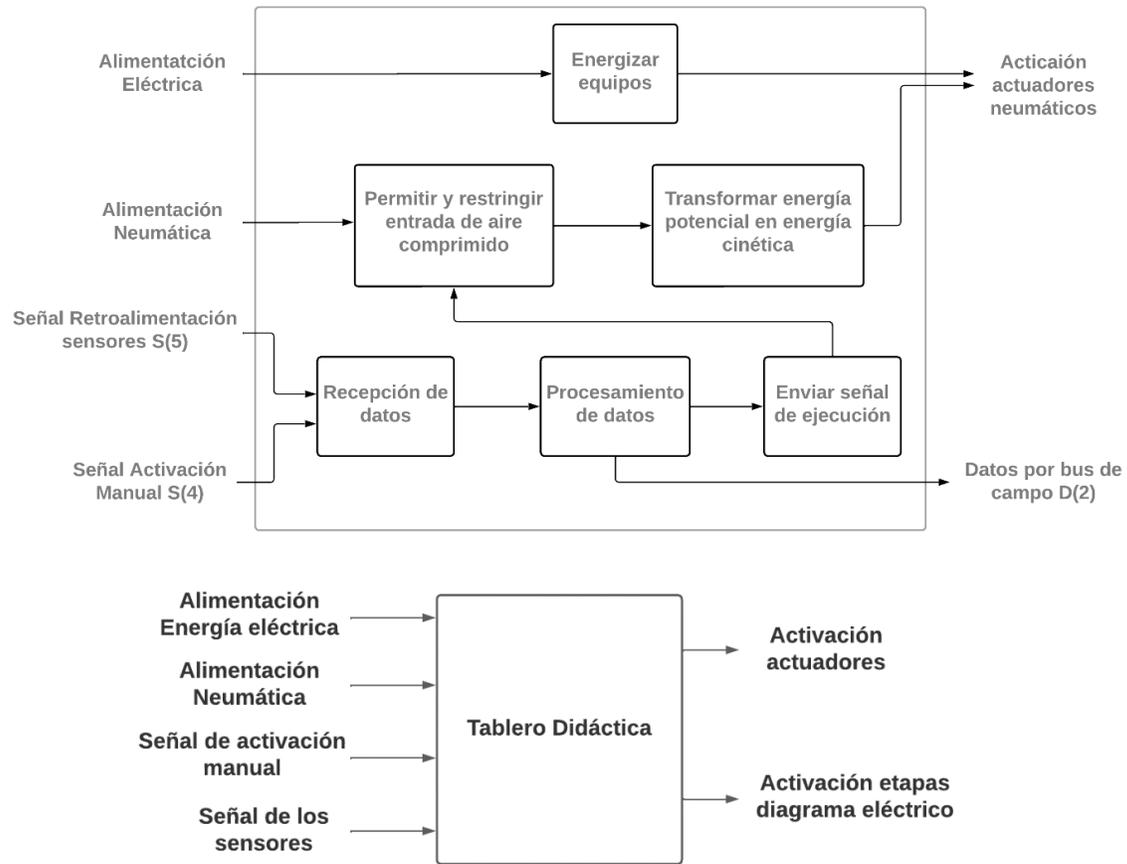
## *Industria 4.0 y Medición de energía inteligente*



# Diseño del módulo de Industria 4.0



## Diseño de concepto y solución propuesta



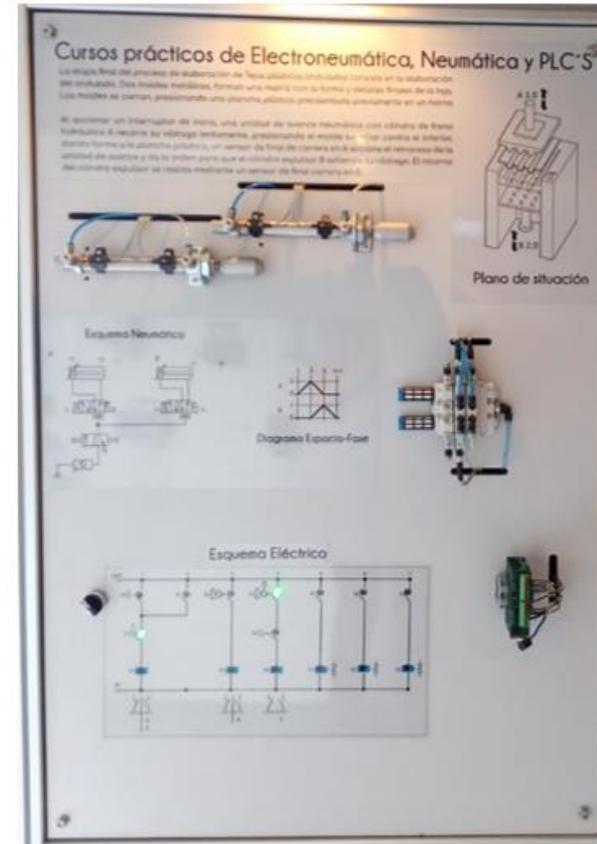
# Construcción e Implementación en la Expotainer



## Didáctica



(a)

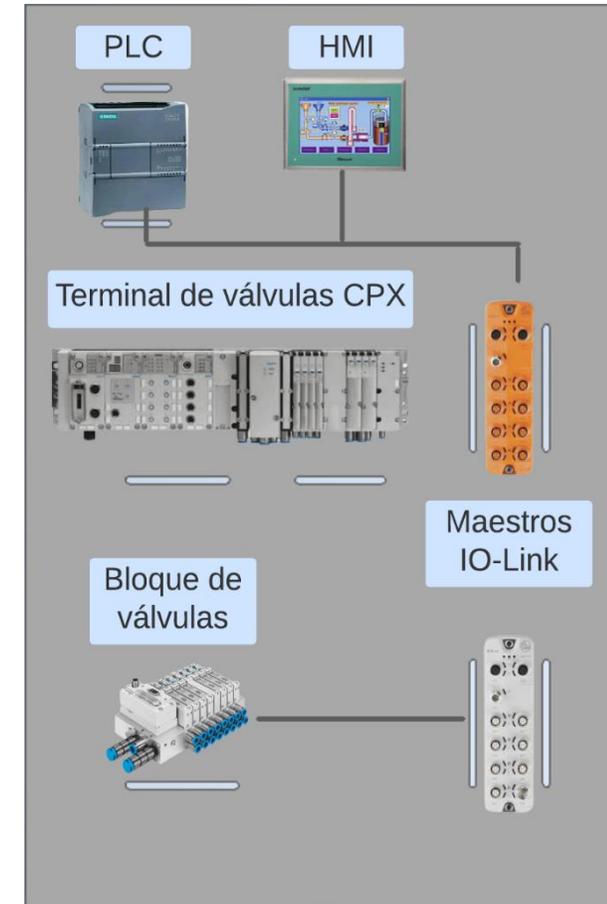
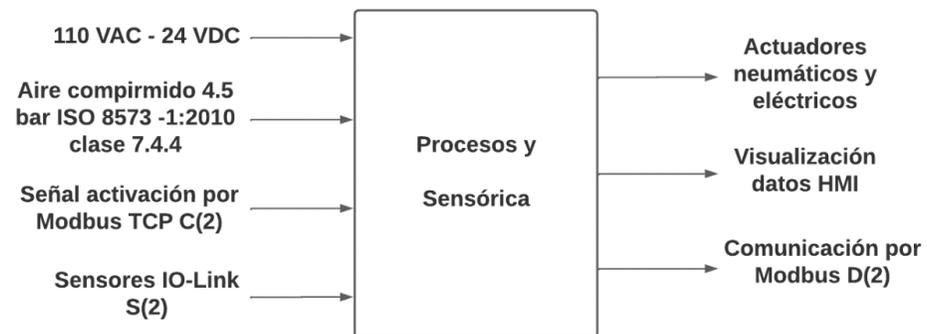
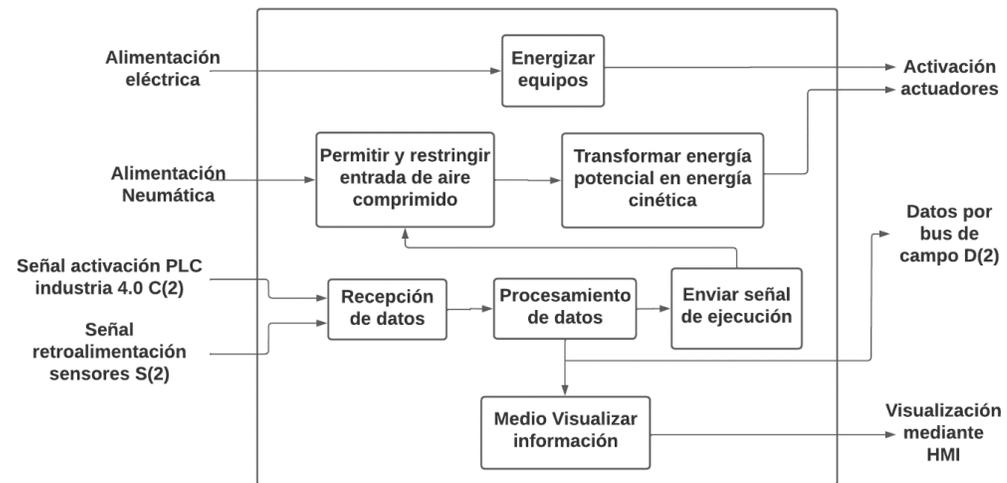


(b)

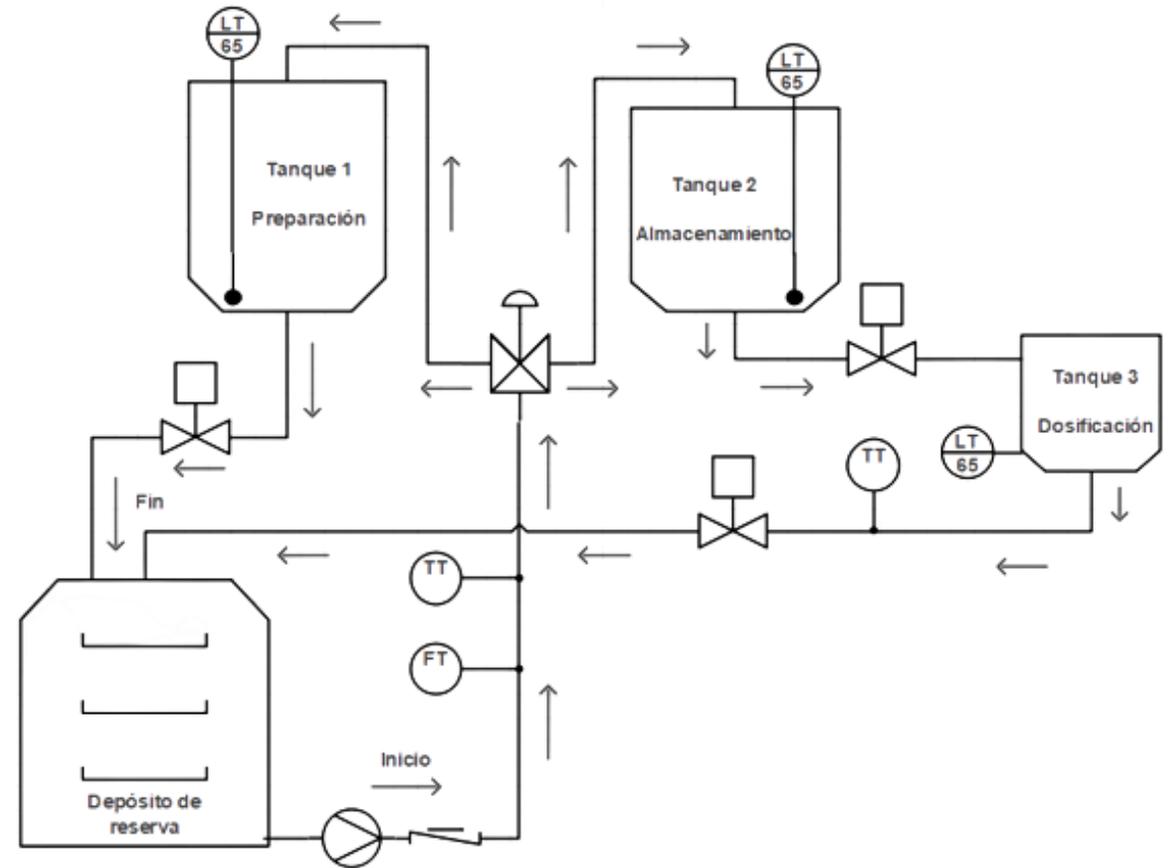
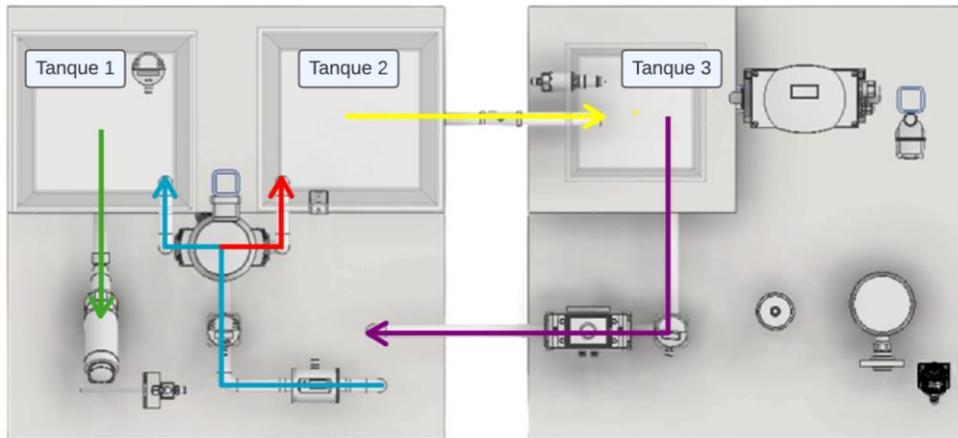
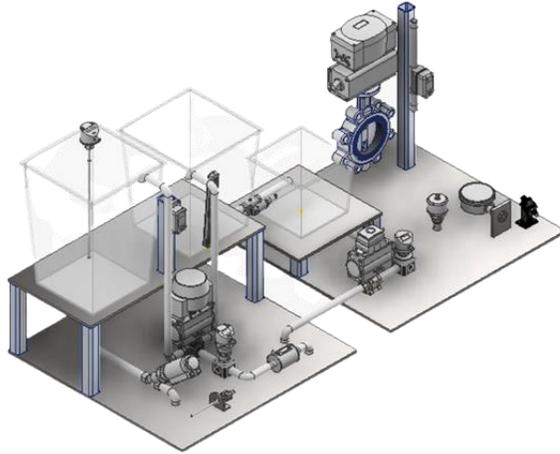
# Diseño del módulo de Procesos y sensorica



## Diseño de concepto y solución propuesta



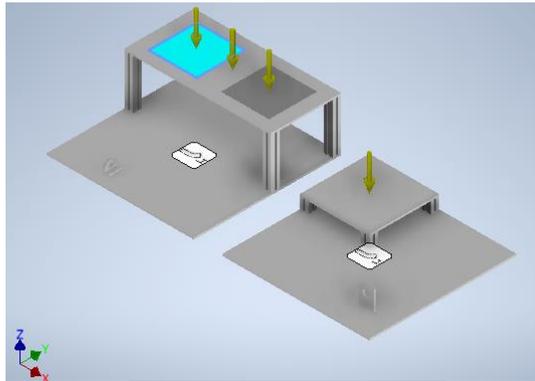
## Dosificadora y diagrama P&ID del proceso de tanques



# Validación de diseño Seguro de la mesa mediante software CAE



## A) Fuerzas consideradas



20 lt → 20 kg

15 lt → 15 kg

$$W_1 = m * a$$

$$W_1 = 20 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/seg}^2$$

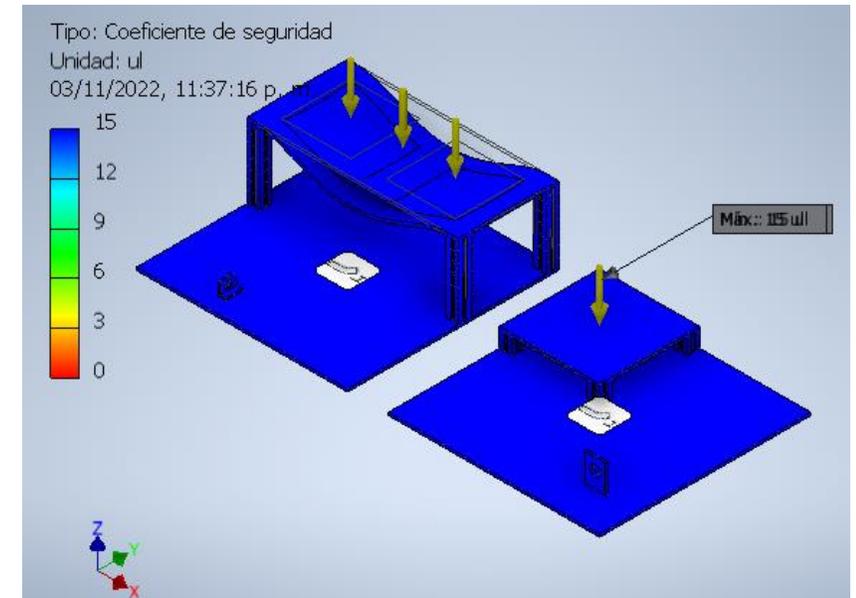
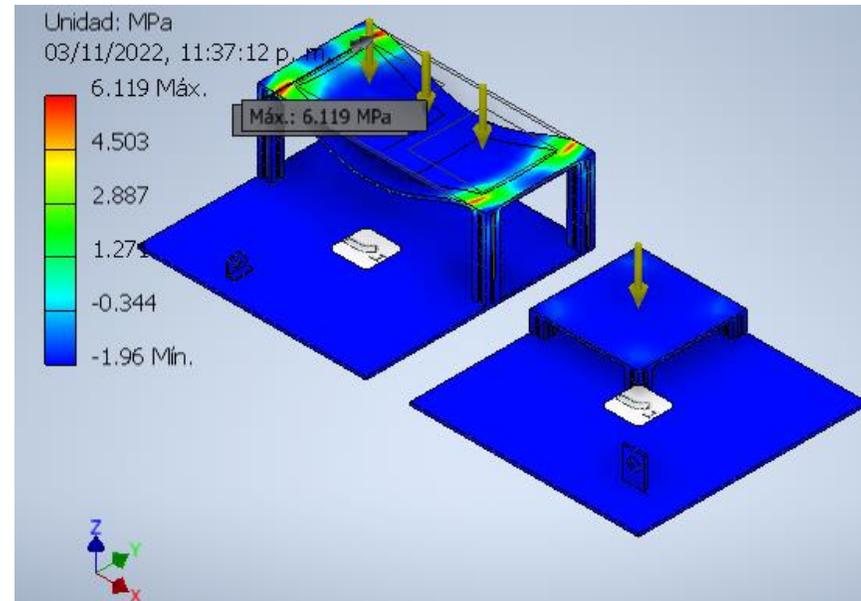
$$W_1 = 196.2 \text{ N}$$

$$W_2 = m * a$$

$$W_2 = 15 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/seg}^2$$

$$W_2 = 147.15 \text{ N}$$

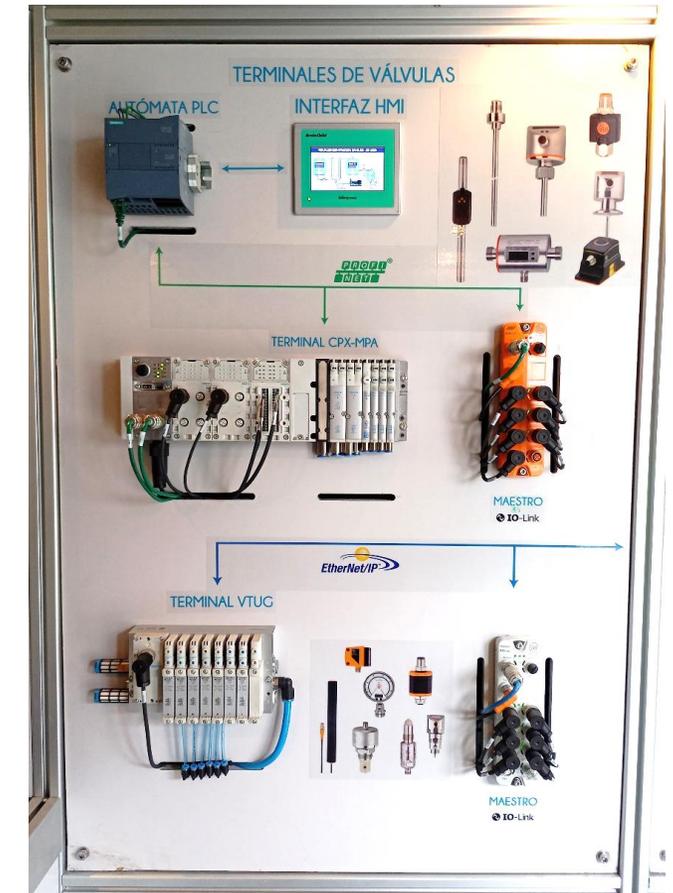
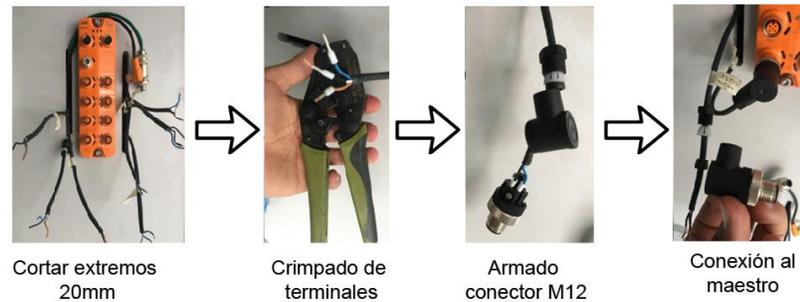
## B) Análisis estático de la mesa



# Construcción e Implementación en la Expotainer



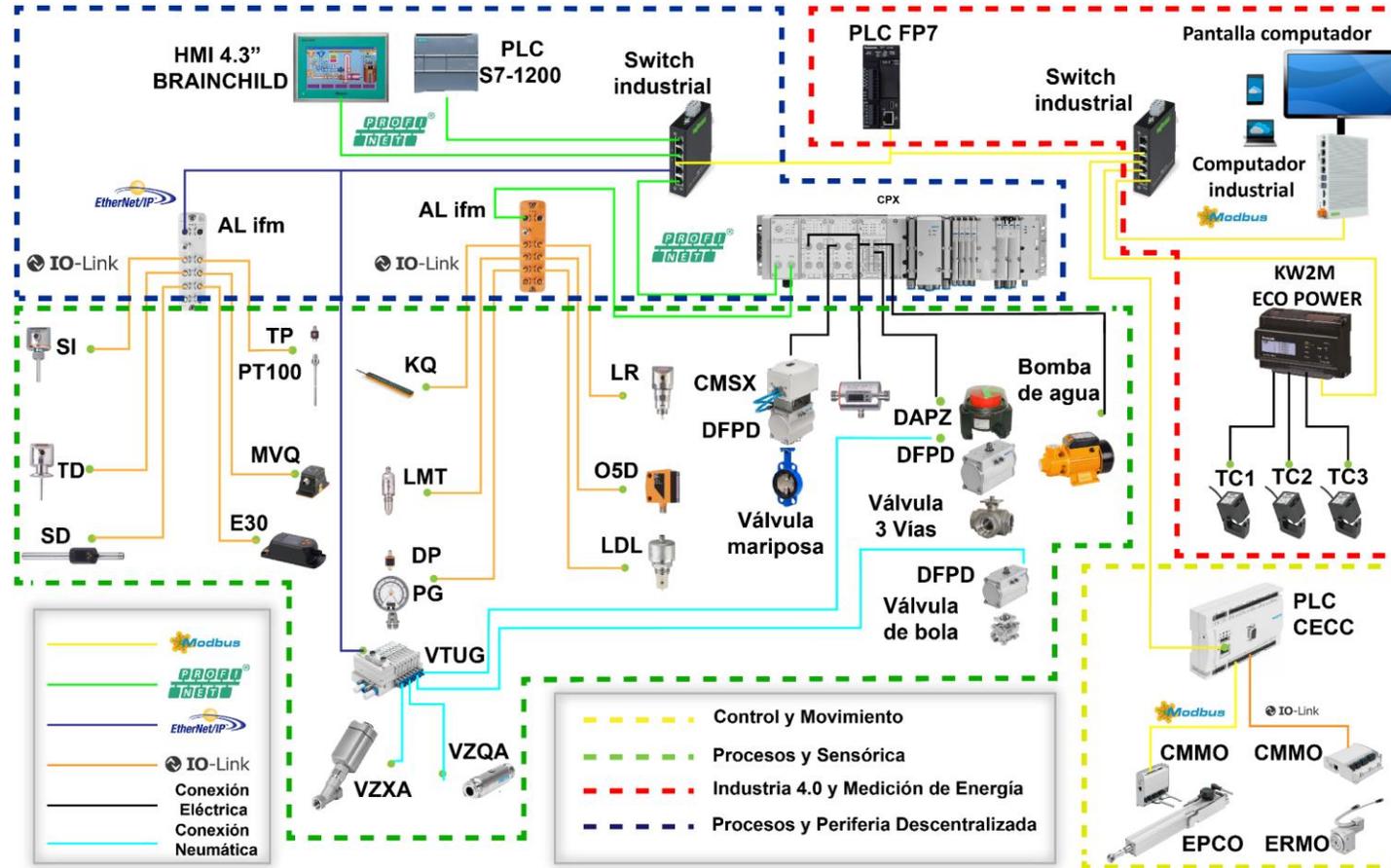
## Procesos y sensórica



# Diseño de la Red Industrial

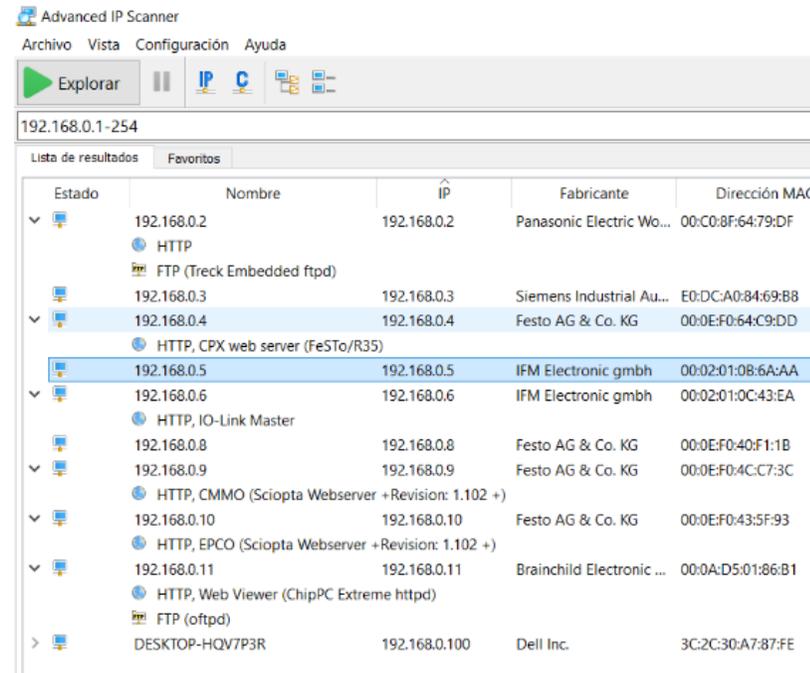


## Topología de la Red Industrial



## Pruebas de funcionamiento de la red industrial

### Escaneo de direcciones IP en la red industrial



Advanced IP Scanner

Archivo Vista Configuración Ayuda

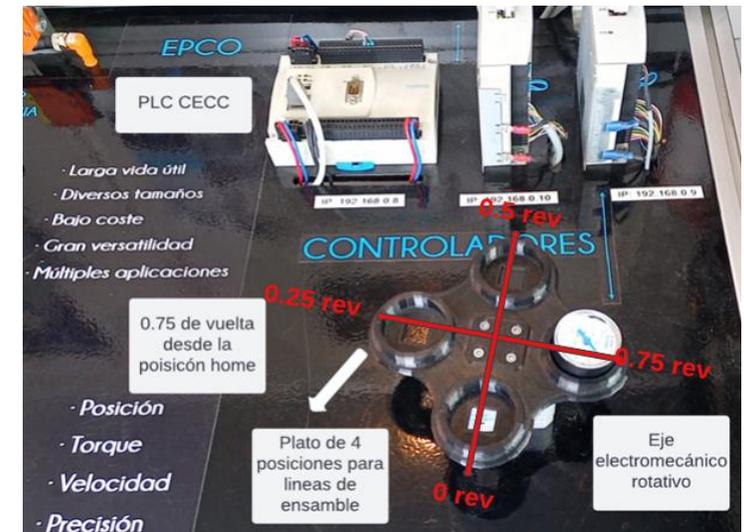
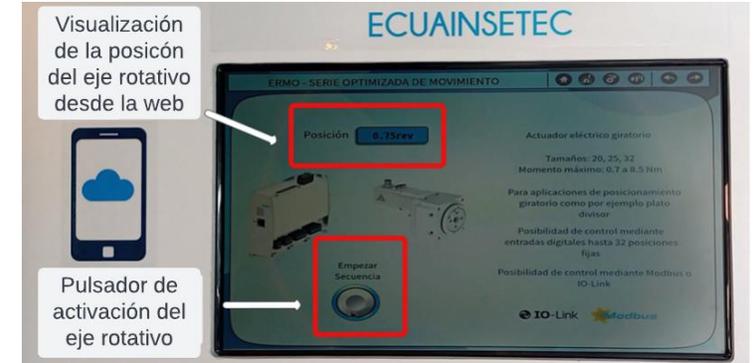
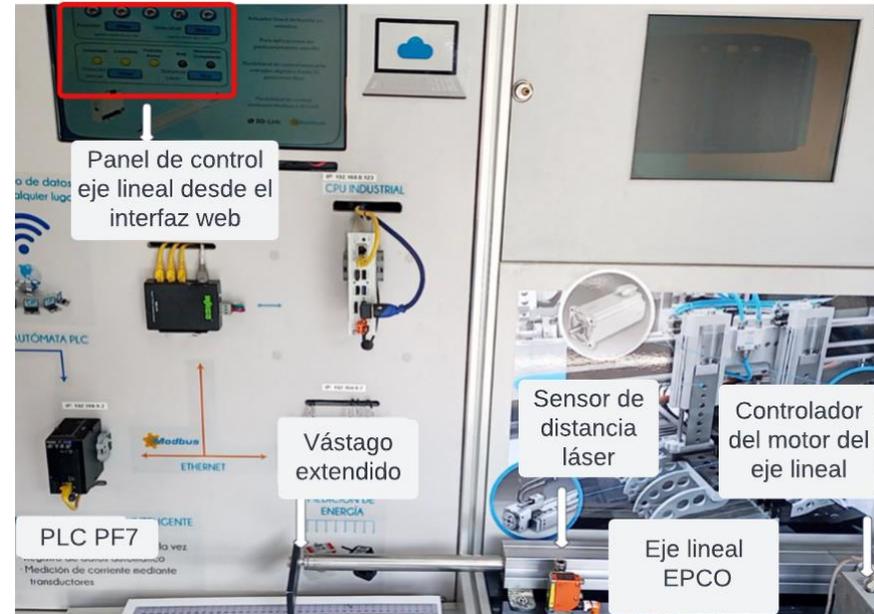
Explorar

192.168.0.1-254

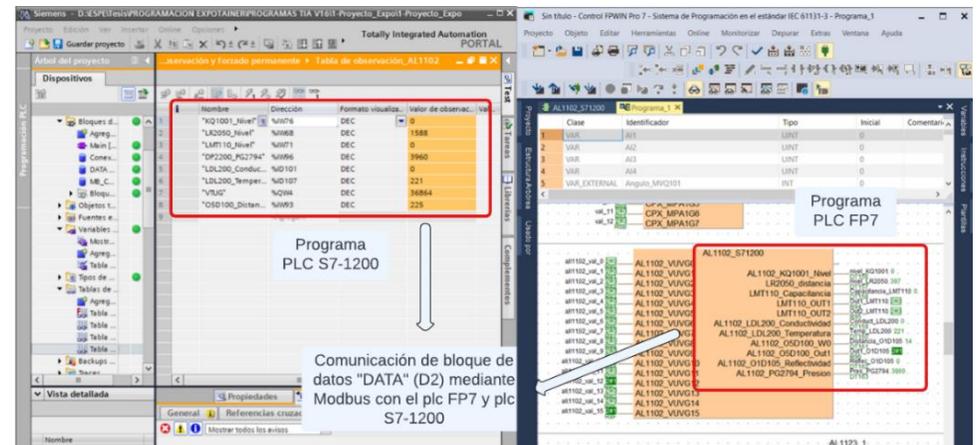
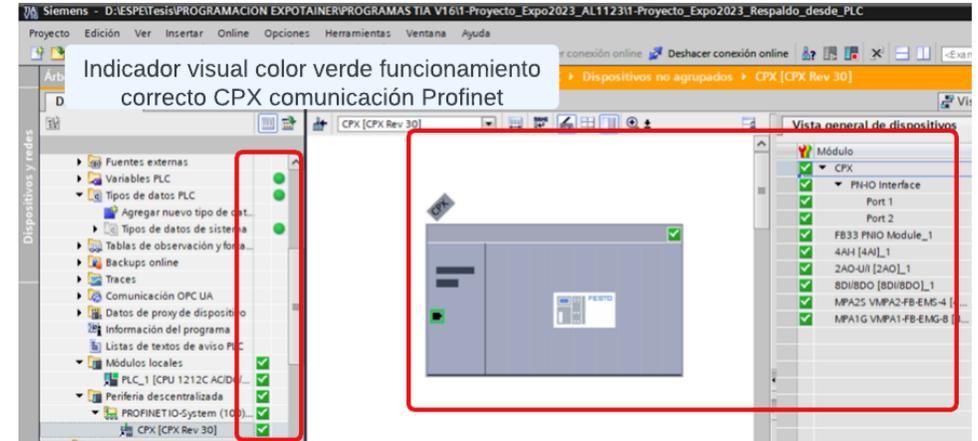
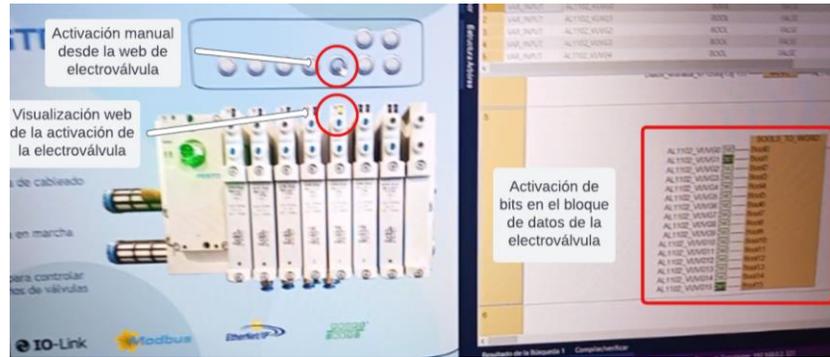
Lista de resultados Favoritos

Estado	Nombre	IP	Fabricante	Dirección MAC
✓	192.168.0.2 ● HTTP FTP (Treck Embedded ftpd)	192.168.0.2	Panasonic Electric Wo...	00:C0:8F:64:79:DF
✓	192.168.0.3	192.168.0.3	Siemens Industrial Au...	E0:DC:A0:84:69:B8
✓	192.168.0.4 ● HTTP, CPX web server (FeSTo/R35)	192.168.0.4	Festo AG & Co. KG	00:0E:F0:64:C9:DD
✓	192.168.0.5	192.168.0.5	IFM Electronic gmbh	00:02:01:08:6A:AA
✓	192.168.0.6 ● HTTP, IO-Link Master	192.168.0.6	IFM Electronic gmbh	00:02:01:0C:43:EA
✓	192.168.0.8	192.168.0.8	Festo AG & Co. KG	00:0E:F0:40:F1:1B
✓	192.168.0.9 ● HTTP, CMMO (Sciopta Webserver +Revision: 1.102 +)	192.168.0.9	Festo AG & Co. KG	00:0E:F0:4C:7:3C
✓	192.168.0.10 ● HTTP, EPCO (Sciopta Webserver +Revision: 1.102 +)	192.168.0.10	Festo AG & Co. KG	00:0E:F0:43:5F:93
✓	192.168.0.11 ● HTTP, Web Viewer (ChipPC Extreme httpd) FTP (oftpd)	192.168.0.11	Brainchild Electronic ...	00:0A:D5:01:86:B1
>	DESKTOP-HQV7P3R	192.168.0.100	Dell Inc.	3C:2C:30:A7:87:FE

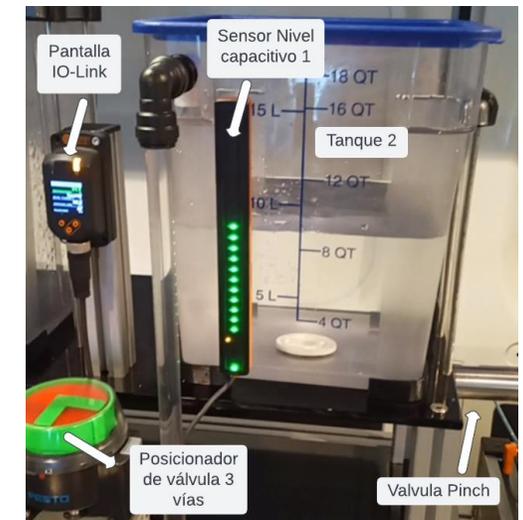
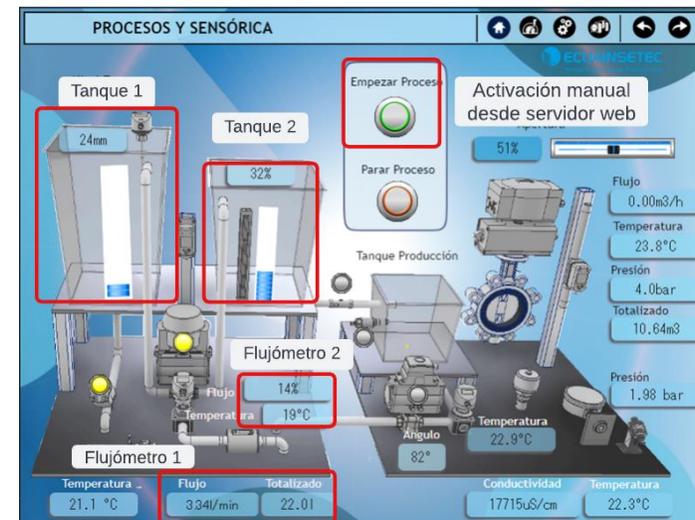
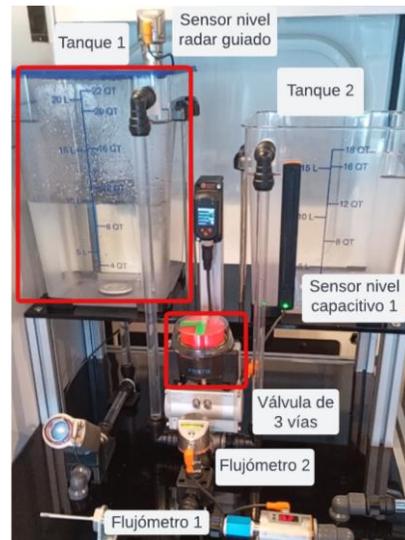
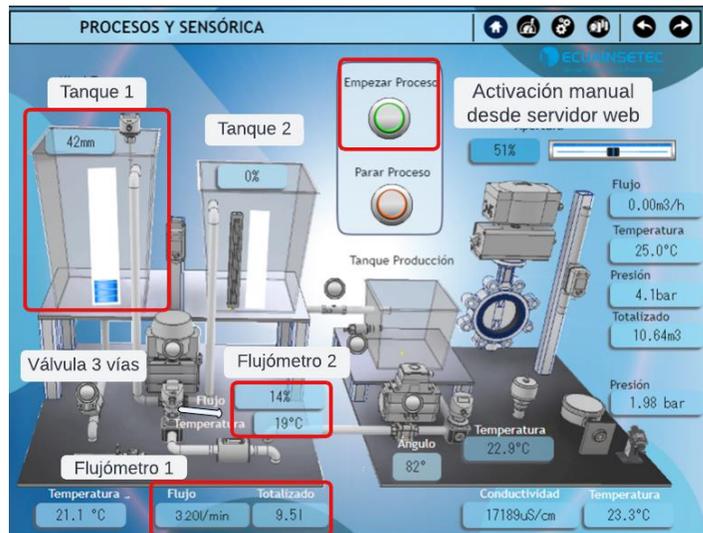
# Pruebas de funcionamiento del módulo de Control y movimiento



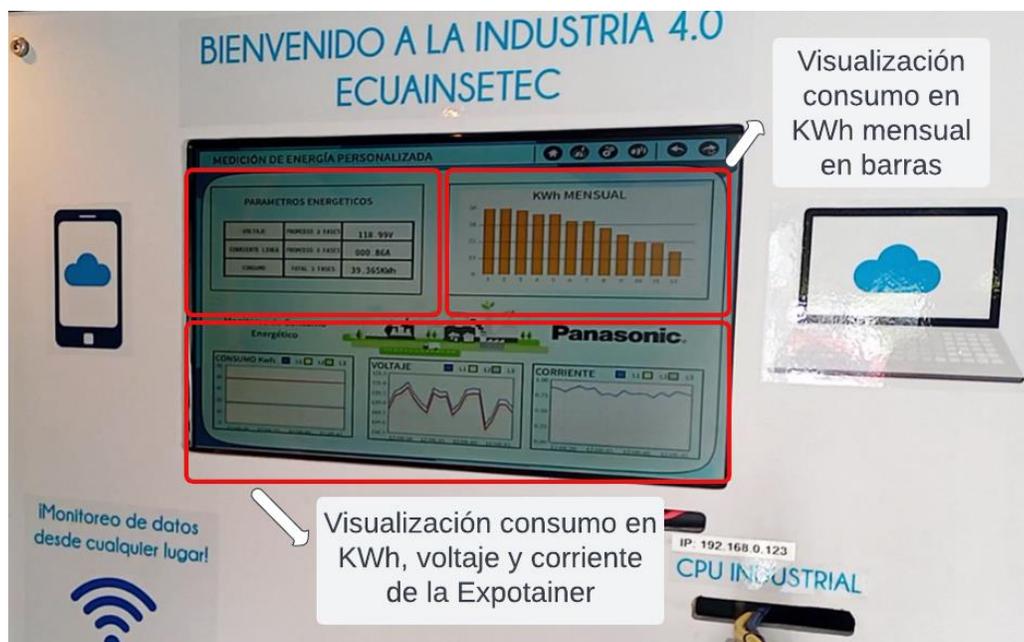
# Pruebas de funcionamiento del módulo de Procesos y sensórica



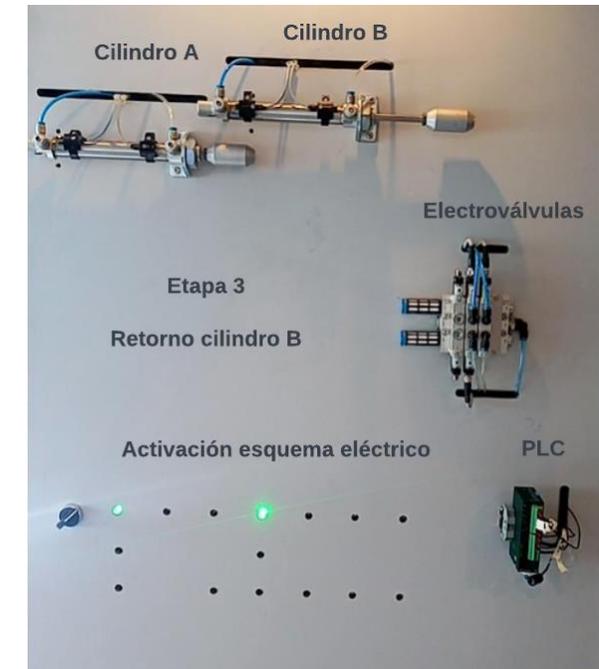
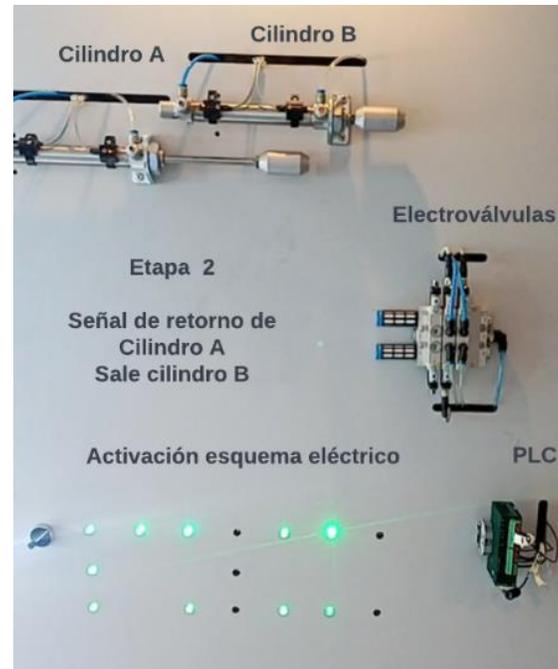
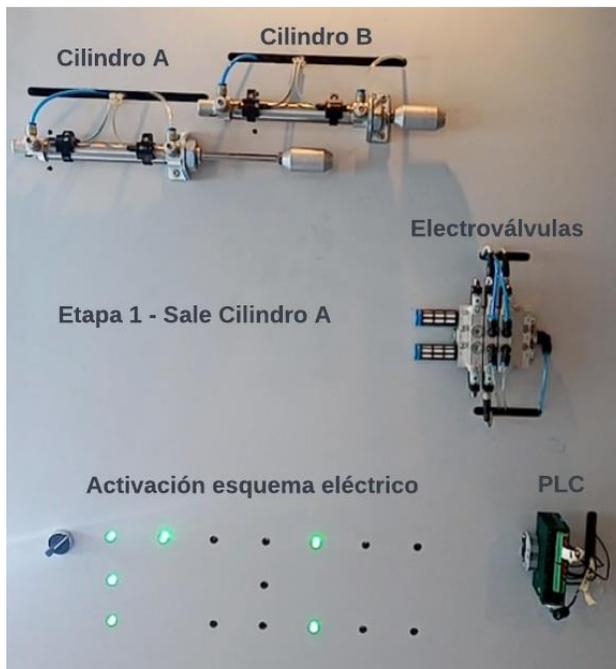
# Pruebas de funcionamiento del módulo de Procesos y sensorica



# Pruebas de funcionamiento del módulo de Medición de Energía inteligente



# Pruebas de funcionamiento del módulo de Didáctica





### ***Validación de la Hipótesis***

---

¿El diseño, construcción e implementación de una red industrial multiprotocolo con enfoque a la Industria 4.0 mediante el uso de tecnologías IO-Link e IIOT en la Expotainer de Ecuainsetec CIA LTDA. servirá como una alternativa de exposición eficiente de los servicios de la empresa a los clientes.?



## Validación de la Hipótesis

$H_0$ : ¿El diseño, construcción e implementación de una red industrial multiprotocolo con enfoque a la Industria 4.0 mediante el uso de tecnologías IO-Link e IIOT en la Expotainer de Ecuainsetec CIA LTDA no servirá como una alternativa de exposición eficiente de los servicios de la empresa a los clientes.?

$H_1$ : **¿El diseño, construcción e implementación de una red industrial multiprotocolo con enfoque a la Industria 4.0 mediante el uso de tecnologías IO-Link e IIOT en la Expotainer de Ecuainsetec CIA LTDA servirá como una alternativa de exposición eficiente de los servicios de la empresa a los clientes.?**

Número de condición	Condición de la hipótesis	Condición de validación
1	$H_1 > H_0$	$T > t_{\alpha}$
2	$H_1 < H_0$	$T < -t_{\alpha}$
3	$H_1 = H_0$	$T < \frac{t_{\alpha}}{2}$ o $T > \frac{t_{\alpha}}{2}$

# Pruebas y Resultados



## Validación de Hipótesis

Número de semana	Fecha semana	Número empresa	Fecha presentación	Número Perso
	29/08-			
Semana 1	02/09/2022	1	30/08/2022	23
		2	01/09/2022	20
		3	01/09/2022	44
		4	02/09/2022	31
Semana 2	05-09/09/2022	5	05/09/2022	7
		6	06/09/2022	8
		7	06/09/2022	3
		8	07/09/2022	7
Semana 3	12-16/09/2022	9	11/09/2022	18
		10	12/09/2022	3
		11	13/09/2022	4
		12	14/09/2022	13
Semana 4	19-23/09/2022	13	20/09/2022	13
		14	21/09/2022	22
		15	22/09/2022	7
		16	23/09/2022	5
		17	23/09/2022	9
Semana 5	26-30/09/2022	18	27/09/2022	7
		19	28/09/2022	2
		20	28/09/2022	5
		21	29/09/2022	11
Semana 6	03-07/10/2022			22
				23
				24
				25
				26
Semana 7	10-14/10/2022			27
				28
				29
				30
				31
Semana 8	17-21/10/2022			32
				33
				34
				35
				36
Semana 9	24-28/10/2022			37
				38
				39
				40
				41
				42
				43
Semana 10	07-11/10/2022			44
				45
				46
				47
				29/09/2022
				03/10/2022
				05/10/2022
				06/10/2022
				07/10/2022
				10/10/2022
				11/10/2022
				12/10/2022
				13/10/2022
				14/10/2022
				17/10/2022
				19/10/2022
				20/10/2022
				20/10/2022
				21/10/2022
				24/10/2022
				25/10/2022
				25/10/2022
				26/10/2022
				27/10/2022
				27/10/2022
				28/10/2022
				07/11/2022
				08/11/2022
				09/11/2022
				10/11/2022
Total				537

## Test T de Student (Para muestras relacionadas)

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad T = 4.7051$$

$$gl = n - 1$$

$$gl = 47 - 1$$

$$gl = 46$$

$$t_{\alpha} = 1.3002$$

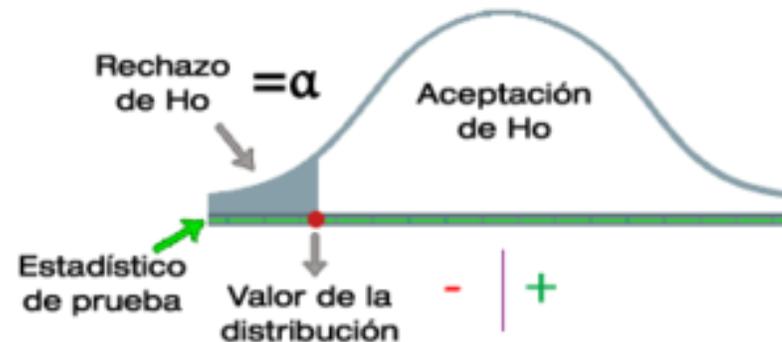
$$T > t_{\alpha}$$

$$4.7051 > 1.3002$$



Ya que el **Valor Estadístico t** es mayor que el **Valor crítico**, se rechaza la hipótesis nula.

- Se determina que la hipótesis alternativa es aceptada, es decir que “El diseño, construcción e implementación de la Expotainer si es una alternativa de exposición eficiente de los servicios de la empresa a los clientes



## Resultados de Encuestas



### Comparativa

Número de semana	Fecha semana	Número de empresa	Fecha	Número de Perso
Semana 1	03-08/04/2022	1	08/04/2022	23
Semana 2	10-14/04/2022	2	14/04/2022	5
Semana 3	17-22/04/2022	3	22/04/2022	8
Semana 4	01-05/05/2022	4	04/05/2022	8
Semana 5	29/05-02/06/2022	5	02/06/2022	9
Semana 6	26-30/06/2022	6	30/06/2022	9
Semana 7	17-21/07/2022	7	05/07/2022	8
Semana 8	24-29/07/2022	8	21/07/2022	9
		9	27/07/2022	7
Semana 9	24-29/07/2022	10	29/07/2022	11
Semana 10	01-05/08/2022	11	02/08/2022	8
Total				105

Con la Expotainer se obtuvo alcance en **47** empresas con un total de **527** personas en el mismo periodo de tiempo, se observa que las presentaciones con la Expotainer tiene un alcance cinco veces mayor en el número de personas y cuatro veces en la cantidad de empresas que las presentaciones realizadas sin la Expotainer.



### Conclusiones

---

- El **diseño, construcción e implementación** una **red industrial multiprotocolo con enfoque a la Industria 4.0** mediante el uso de tecnologías IO-Link e IIOT en la Expotainer de Ecuainsetec CIA LTDA. es una **alternativa de exposición eficiente** de los servicios de la empresa a los clientes ya que realizando una comparativa en el mismo lapso de tiempo con las charlas realizadas sin la Expotainer y con la Expotainer mostraron que el número de empresas interesadas en la visita especializada **augmentó en cuatro veces**, también **incrementó cinco veces el número asistentes**, logrando llegar a un total de **527 personas en 47 empresas en un lapso de 10 semanas**.



### Conclusiones

---

- **El diseño de los módulos** que conforman la Expotainer **partió de los requerimientos** de la empresa de contar con una red industrial multiprotocolo enfocada a la Industria 4.0, se presentaron **cinco diseños de concepto** de cada subproceso se seleccionó la mejor solución para los criterios considerados en cada módulo haciendo énfasis en el **diseño para el ambiente** con la reutilización de los componentes utilizados.
- La **construcción de los módulos y montaje de los compontes** en los tableros se realizó en los **talleres de Ecuainsetec**, partiendo del **espacio físico disponible en el interior de la furgoneta**, se realizó el diseño de la mesa para el soporte de los tanques para el módulo de procesos y sensórica, el cual fue **validado como diseño seguro** mediante un software CAE, dando como resultado un valor un desplazamiento máximo de 0.185mm en el punto más crítico asegurando que la mesa no sufrirá deformaciones.



### Conclusiones

---

- El **sistema de medición de energía inteligente** está conformado por el **equipo KW2M** de Panasonic, a través de **pinzas amperimétricas transformadoras de corriente de 60A a 1A**, y con un voltaje de referencia se monitorean tres circuitos de alimentación independientes que se utilizan en la red industrial, el medidor de energía realiza las operaciones necesarias para permitir la visualización de las variables mediante un servidor IIOT el cual cuenta con una **interfaz personalizada** en el PLC FP7 y **una interfaz propia** del dispositivo las cuales muestran variables como **amperaje, voltaje, consumo energético** y permite la generación de una base de datos **históricos en un periodo de tres meses** para un posterior análisis.



### Conclusiones

- **El diseño de la interfaz web para la aplicación IIOT** fue desarrollado en el software **WebCreator** el cual utiliza como **servidor al PLC FP7**, desde un navegador web es posible **el monitoreo y control en tiempo real** de cada subproceso que conforma la red, desde control y movimiento con Modbus TCP/IP, procesos y sensórica mediante Profinet, Ethernet IP y Modbus TCP/IP, y medición de energía inteligente con Modbus TCP/IP para transmisión de los datos de cada etapa.
- El **desarrollo de la red industrial** multiprotocolo fue **basado en los protocolos de comunicación más utilizados** en la industria ecuatoriana los cuales son **Modbus TCP/IP, Profinet y EtherNet/IP**, además de trabajar con **IO-Link** que, a pesar de no ser un bus de campo como tal, asegura la transmisión de datos digitales del sensor al maestro IO-Link.



### Conclusiones

- Para la programación de **los PLC FP7 de Panasonic, CECC de Festo, S7-1200 de Siemens** se trabajó bajo la **norma IEC 61131-3** puesto que es el estándar para el control de procesos industriales, esta norma permitió la interconectividad de dispositivos de distintas marcas que conforman la red industrial, se utilizó tres lenguajes de la norma, programación en escalera o **Ladder (LD)**, **texto estructurado (ST)** y **diagrama de bloques funcionales (FBD)** para el control de los subprocesos de la red industrial.



### Conclusiones

---

- Para **realizar las pruebas de funcionamiento** y **validar la comunicación** entre los dispositivos que conforman la red industrial de la Expotainer se desarrolló un **manual de usuario presentado en el Anexo 6**, que **especifica los pasos a seguir** y los **resultados esperados** del funcionamiento normal de todos los procesos de la Expotainer.



### Recomendaciones

---

- Para la construcción de futuros módulos demostrativos se recomienda aplicaciones que integren los temas que llamaron más la atención del cliente como monitoreo de datos, industria 4.0, sensórica IO-Link, ejes electromecánicos y neumática.
- Para una rápida comprensión de cada etapa de la Expotainer se recomienda revisar el Anexo 6, el cual es una guía rápida del funcionamiento y puesta en marcha de cada tablero y módulo de la red industrial.
- Para que la Expotainer pueda ser presentada a un cliente se tiene dos condiciones, el cliente debe proveer una toma de alimentación de 110VAC, y una toma de aire de comprimido de mínimo 4.5 bar, con la adquisición de un compresor portátil se podría llegar a lugares y a clientes quienes no cuenten tomas neumáticas.



### Recomendaciones

---

- Para asegurar el tiempo de vida de los componentes que conforman el sistema neumático se recomienda revisar cada 3 meses el cartucho de 40 micras del regulador de presión, puesto que, si esta de color amarillento debe ser reemplazado, para asegurar una calidad de aire 7.4.4 que es óptima para aplicaciones estándar según la norma ISO 8573-1:2010.
- La Expotainer tiene previsto realizar una gira a nivel nacional, una vez cumplido su objetivo Ecuainsetec innova constantemente el contenido de sus presentaciones, por lo que de acuerdo al diseño para el ambiente se prevé volver a utilizar los mismos componentes dando un nuevo ciclo de vida al equipo, sin embargo existen partes que no podrán volver a ser reutilizadas, por lo que se recomienda realizar un adecuado desecho de material reciclable.



**GRACIAS**