



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRO
HIDRÁULICA CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS
VARIABLES DE PRESIÓN Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE
ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico.

AUTORES:

Richard Ricardo Alay Sánchez
Brayan Orlando Barriga Perugachi

TUTOR:

M. Sc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

LA MANÁ - ECUADOR
MARZO-2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alay Sánchez Richard Ricardo con cédula de ciudadanía No. 1250493481, Barriga Perugachi Brayan Orlando con cédula de ciudadanía No. 1754253910 declaramos ser autoras del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRO HIDRÁULICA CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ"**, siendo el MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, marzo del 2026

Alay Sánchez Richard Ricardo
C.C: 1250493481

Barriga Perugachi Brayan Orlando
C.C.: 1754253910

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRO HIDRÁULICA
CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y
FLUJO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC**

EXTENSIÓN LA MANÁ “de Alay Sánchez Richard Ricardo; Barriga Perugachi Brayan Orlando, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 17 de marzo de 2026



Ing. Johnatan Israel Corrales Bonilla

CI: 050314551-8

TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente Proyecto de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Electromecánica; por cuanto los postulantes; Alay Sánchez Richard Ricardo y Barriga Perugachi Brayan Orlando con el título de proyecto de investigación: : **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTRO HIDRÁULICA CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 17 de marzo del 2026

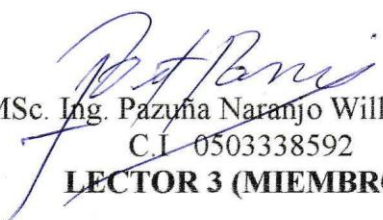
Para constancia firman:



MSc. Ing. Hidalgo Osorio William Armando
C.I 0502657885
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



PhD. Ing. Morales Tamayo Yoandrys
C.I 1756958797
LECTOR 2 (MIEMBRO)



MSc. Ing. Pazuña Naranjo William Paul
C.I 0503338592
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por el privilegio de vida y la fortaleza necesaria para alcanzar una de nuestras más ansiadas metas. A nuestras familias que nos han demostrado su apoyo incondicional en todo momento, su confianza ha sido pieza clave para culminar esta etapa. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a todos los docentes que día a día con esfuerzo comparten sus conocimientos y experticia.

**Richard
Brayan**

DEDICATORIA

Dedico con gran emoción la culminación del trabajo investigativo a mis padres por ser el pilar que sustenta mi vida, su ejemplo de trabajo y esfuerzo me motivan a dar lo mejor de mí, a no rendirme pese a los obstáculos que constantemente se presentan en la cotidianidad. Valor infinitamente todo lo que han hecho por mí, sin ustedes nada de esto sería posible. Extiendo mi sentimiento de estima a todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de uno de mis grandes objetivos: convertirme en profesional.

Richard

DEDICATORIA

Con gran entusiasmo dedico el cumplimiento de esta meta a mis padres por ser el pilar que sustenta mi vida, su ejemplo de trabajo y esfuerzo me motivan a dar lo mejor de mí, a no rendirme pese a los obstáculos que constantemente se presentan en la cotidianidad. Valor infinitamente todo lo que han hecho por mí, sin ustedes nada de esto sería posible. Extiendo mi sentimiento de estima a todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de uno de mis grandes objetivos: convertirme en profesional.

Brayan

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTROHIDRÁULICA CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”

Autores:

Alay Sánchez Richard Ricardo

Barriga Perugachi Brayan Orlando

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo diseñar, construir e implementar un módulo didáctico de electrohidráulica para el laboratorio de la carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, que permita el análisis y monitoreo de las variables de presión y caudal mediante el uso de instrumentación industrial, PLC y una interfaz HMI, fortaleciendo el aprendizaje práctico de los estudiantes. La metodología se desarrolló bajo un enfoque técnico-experimental. En una primera etapa se realizó la revisión bibliográfica y el análisis de sistemas electrohidráulicos, instrumentación y automatización industrial, lo que permitió la selección adecuada de los componentes del módulo. Posteriormente, se efectuó el diseño del sistema hidráulico, eléctrico y de control, apoyado en simulaciones funcionales mediante el software FluidSIM para verificar el comportamiento del circuito y la secuencia de operación. Finalmente, se procedió a la construcción, montaje e integración del módulo, así como a la ejecución de pruebas de aceptación en fábrica (FAT) para validar su funcionamiento. Como resultado, se obtuvo un módulo didáctico de electrohidráulica completamente funcional, compuesto por una unidad de potencia hidráulica accionada por un motor eléctrico trifásico, una bomba hidráulica de desplazamiento fijo, un cilindro hidráulico de doble efecto, válvulas hidráulicas, transmisores de presión y caudal, un PLC y una HMI. Las pruebas realizadas demostraron la correcta adquisición, procesamiento y visualización en tiempo real de las variables hidráulicas, así como la adecuada respuesta del actuador bajo diferentes condiciones de operación.

Palabras claves: módulo didáctico, electrohidráulica, presión, caudal, aprendizaje

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LA MANA EXTENSION

THEME: “IMPLEMENTATION OF AN ELECTROHYDRAULIC TEACHING MODULE WITH TRANSMITTERS FOR MONITORING PRESSURE AND FLOW VARIABLES FOR THE ELECTROMECHANICS LABORATORY AT UTC LA MANA EXTENSION”

Authors:

Alay Sánchez Richard Ricardo

Barriga Perugachi Brayan Orlando

ABSTRACT

The objective of the project was to design, build and implement an electrohydraulics didactic module for the laboratory of the Electromechanics career of the Technical University of Cotopaxi, La Maná Extension, which allows the analysis and monitoring of pressure and flow variables through the use of industrial instrumentation, PLC and an HMI interface, strengthening the practical learning of students. The methodology was developed under a technical-experimental approach. In a first stage, the bibliographic review and analysis of electrohydraulic systems, instrumentation and industrial automation was carried out, which allowed the appropriate selection of the components of the module. Subsequently, the design of the hydraulic, electrical and control system was carried out, supported by functional simulations using the FluidSIM software to verify the behavior of the circuit and the sequence of operation. Finally, the module was built, assembled and integrated, as well as factory acceptance tests (FAT) were carried out to validate its operation. As a result, a fully functional electro-hydraulics didactic module was obtained, consisting of a hydraulic power unit driven by a three-phase electric motor, a fixed-displacement hydraulic pump, a double-acting hydraulic cylinder, hydraulic valves, pressure and flow transmitters, a PLC and an HMI. The tests carried out demonstrated the correct acquisition, processing and real-time visualization of hydraulic variables, as well as the adequate response of the actuator under different operating conditions.

Keywords: didactic module, electrohydraulics, pressure, flow, learning

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INDICE GENERAL	x
1. INFORMACION GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1. Problemática	4
5.3. Formulación del problema.....	5
6. OBJETIVOS	6
6.1. Objetivo general.	6
6.2. Objetivos específicos.....	6

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
8.1. Fundamentos de Electrohidráulica	8
8.2.1. Pantalla HMIM	10
8.2.1.1. Características de la HMI	11
8.2.1.2. Partes de la pantalla HMI Siemens KTP400 Basic	11
8.2.2. Unidad de potencia hidráulica	12
8.2.2.1. Bomba.....	12
8.2.2.2. Motor eléctrico bifásico.....	13
8.2.2.3. Depósito hidráulico.....	15
8.2.2.4. Cilindros hidráulicos	16
8.2.2. Instrumentación y control.....	20
8.2.2.1.	21
8.2.3. Software y simulación para electro hidráulica.	29
8.2.3.1. Análisis y verificación pruebas tipo FAT.....	29
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	32
9.1. Investigación bibliográfica	33
9.2. Metodología de campo	34
9. 3. Metodología experimental.....	34
9.4. Diseño y montaje de componentes	35
9.7. Encuesta.....	36

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	38
10.1. Resultados de la encuesta	38
10.2. Elementos y materiales	47
10.3. Estructura del módulo didáctico	49
10.3.1. Materiales	49
10.3. Planos del módulo	51
10.4. Cálculo y dimensionamiento del sistema hidráulico	53
10.5. Lista de materiales	58
10.6. Simulaciones.....	62
11.1. Impactos técnicos	70
11.2. Impactos sociales	70
12. PRESUPUESTO.....	71
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
13.1. Conclusiones.....	72
13.2. Recomendaciones	73
15. ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos	4
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	7
Tabla 3. Características del HMI.....	11
Tabla 4. Características de la bomba hidráulica de Engranajes.	13
Tabla 5. Características del motor eléctrico trifásico	14
Tabla 6. Características del depósito	16
Tabla 7. Características del cilindro eléctrico	17
Tabla 8. Características del PLC	24
Tabla 9. Características de la fuente de alimentación	26
Tabla 10. Conexiones del PLC en el módulo electro hidráulico	28
Tabla 11. Verificación del transmisor de presión.....	31
Tabla 12. Verificación del transmisor de flujo	32
Tabla 13. Cuestionario.....	37
Tabla 14. Pregunta 1.....	39
Tabla 15. Pregunta 2	40
Tabla 16. Respuestas pregunta 3	40
Tabla 17. Respuestas de la pregunta 4.....	41
Tabla 18. Respuestas de la pregunta 5.....	42
Tabla 19 Respuestas de la pregunta 6.....	43
Tabla 20. Respuestas de la pregunta 7.....	43
Tabla 21. Respuestas de la pregunta 8.....	44
Tabla 22. Respuestas de la pregunta 9.....	45
Tabla 23. Respuestas de la pregunta 10.....	46
Tabla 24. Justificación de los componentes y materiales	47
Tabla 25. Materiales	49
Tabla 26. Medidas de la estructura.....	50
Tabla 27. Análisis de esfuerzos	50

Tabla 28. Comparación de caudal	54
Tabla 29. Conversión de unidades de caudal del módulo electrohidráulico	54
Tabla 30. Conversión de unidades de presión utilizadas en el módulo electrohidráulico	55
Tabla 31. Especificaciones del transmisor de presión	59
Tabla 32. Especificaciones del sensor de caudal	60
Tabla 33. Presupuesto referencial	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un sistema de control hidráulico.	9
Figura 2. Pantalla HMI	10
Figura 3. Bomba hidráulica de Engranajes.....	12
Figura 4. Motor bifásico	13
Figura 5. Depósito hidráulico	15
Figura 6. Cilindros hidráulicos	17
Figura 7. Válvula direccional	19
Figura 8. Válvula de alivio	20
Figura 9. Transmisor de presión (señal 4-20 mA).....	21
Figura 10. Partes del transmisor de presión.....	22
Figura 11. Sensor.....	22
Figura 12. Carcasa o cuerpo del transmisor	23
Figura 13. Controlador Lógico Programable.....	23
Figura 14. CPU	24
Figura 15. Entradas analógicas.....	25
Figura 16. Entrada y salidas digitales	25
Figura 17. Fuente de alimentación	26
Figura 18. Diagrama de flujo.....	33
Figura 19. Ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi	36
Figura 20. Gráfico pregunta 1.....	39

Figura 21. Gráfico circular pregunta 2	40
Figura 22. Gráfico circular de la pregunta 3.....	41
Figura 23. Gráfico circular de la pregunta 4.....	41
Figura 24. Gráfico circular de la pregunta 5.....	42
Figura 25. Gráfico circular de la pregunta 6.....	43
Figura 26. Gráfico circular de la pregunta 7	44
Figura 27. Gráfico circular de la pregunta 8.....	44
Figura 28. Gráfico circular de la pregunta 9.....	45
Figura 29. Gráfico circular de la pregunta 10.....	46
Figura 30. Vista general del módulo	49
Figura 31. Análisis de esfuerzos.....	51
Figura 32. Planos del módulo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 33. Simulación conceptual del sistema con transmisores de presión y flujo.	63
Figura 34. Simulación del sistema electrohidráulico en FluidSIM	64
Figura 35. Simulación de la lógica de arranque del sistema en el PLC	65
Figura 36. Simulación de secuencia de control del sistema electrohidráulico	66
Figura 37. Simulación de la salida del sistema electrohidráulico	66
Figura 38. Simulación del transmisor de flujo	67
Figura 39. Simulación de las variables de presión y flujo.....	68
Figura 40. Pantalla HMI para visualización de transmisor de flujo y presión	69

1. INFORMACION GENERAL

Título del Proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ELECTROHIDRÁULICA CON TRANSMISORES PARA EL MONITOREO DE LAS VARIABLES DE PRESIÓN Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”

Fecha de inicio:	Abril del 2025
Fecha de finalización:	Marzo del 2026
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Unidad académica que auspicia	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
Carrera que auspicia	Ingeniería Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	
Equipo de trabajo:	
Tutor del proyecto	Msc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
Postulantes	Richard Ricardo Alay Sánchez Brayan Orlando Barriga Perugachi
Área:	Ingeniería, Industria e Hidráulica.
Línea de Investigación:	Procesos Industriales.

2. INTRODUCCIÓN

La formación en ingeniería electromecánica requiere de recursos experimentales que permitan fortalecer la comprensión de los principios que intervienen en los sistemas de control, automatización y manejo de fluidos. En este contexto, el uso de módulos didácticos constituye una estrategia fundamental para complementar el aprendizaje teórico mediante la experimentación práctica en laboratorio, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades técnicas mediante la interacción directa con equipos y sistemas reales de trabajo.

En respuesta a esta necesidad, se desarrolla el proyecto denominado “Implementación de un módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo para el laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná”. Este módulo está orientado a proporcionar un entorno de aprendizaje que permita a los estudiantes analizar el funcionamiento de sistemas electrohidráulicos y de instrumentación industrial presentes en este tipo de sistemas.

La electrohidráulica combina la capacidad de transmisión de potencia de los sistemas hidráulicos con la precisión de los sistemas de control eléctricos y electrónicos, lo que permite la automatización de diversos procesos industriales utilizados en maquinaria, sistemas de producción y equipos de control de movimiento. La incorporación de transmisores para el monitoreo de variables como la presión y el flujo posibilita la obtención de datos del sistema durante su operación, facilitando el análisis, la interpretación de señales y el estudio del comportamiento de los circuitos hidráulicos bajo diferentes condiciones de trabajo.

De esta manera, el módulo didáctico permitirá realizar prácticas relacionadas con el control de actuadores hidráulicos, la regulación del caudal, el análisis de la presión en el sistema y la interpretación de señales provenientes de sensores industriales. Estas actividades contribuyen al desarrollo de competencias en diagnóstico, monitoreo y control de sistemas hidráulicos, fortaleciendo la formación práctica de los estudiantes. Mediante la implementación de este módulo se busca fortalecer las competencias técnicas y analíticas de los estudiantes del laboratorio de Electromecánica, promoviendo un aprendizaje más dinámico, aplicado y alineado con las tecnologías utilizadas en el ámbito industrial.

3. JUSTIFICACIÓN.

La implementación del módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores en el laboratorio de Electromecánica de la UTC de la Extensión La Maná es indispensable para mejorar la formación técnica y práctica de los estudiantes. La electrohidráulica es una tecnología determinante en sectores industriales, por lo que es necesario que los alumnos adquieran habilidades en el monitoreo y control de variables hidráulicas como presión y flujo en tiempo real.

El módulo permitirá desarrollar diversas prácticas orientadas al estudio y análisis de circuitos electrohidráulicos, tales como el ensamblaje de sistemas de control con válvulas direccionales accionadas eléctricamente, la conexión de actuadores hidráulicos como cilindros de simple y doble efecto, y la integración de relés, pulsadores, finales de carrera y sensores dentro de circuitos de control. De igual manera, los estudiantes podrán trabajar en la interpretación y elaboración de diagramas electrohidráulicos, aplicar secuencias de operación y analizar la lógica de funcionamiento de los sistemas de control utilizados en equipos industriales.

Asimismo, el uso de este módulo permitirá realizar actividades relacionadas con el diagnóstico técnico, la verificación del funcionamiento de componentes hidráulicos y eléctricos, así como la evaluación del comportamiento del sistema ante diferentes configuraciones de control. Estas prácticas contribuyen al desarrollo de competencias propias de la electromecánica, como el análisis de sistemas de potencia fluida, la integración de circuitos eléctricos de mando y la comprensión del funcionamiento de mecanismos automatizados presentes en maquinaria industrial.

En esencia, la incorporación de este módulo didáctico fortalecerá el laboratorio de Electromecánica al proporcionar un entorno adecuado para la experimentación técnica y el desarrollo de habilidades prácticas especializadas. Esto permitirá que los estudiantes consoliden conocimientos relacionados con la instalación, operación y análisis de sistemas electrohidráulicos, favoreciendo una formación más completa en el área de la automatización y el control aplicado a equipos electromecánicos.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios de la implementación de un módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo para el laboratorio, serán los 151 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná de la carrera de Electromecánica, debido a su diseño modular y adaptable; en los ciclos intermedios permitiría prácticas básicas de identificación de componentes, medición de presión y caudal, mientras que en los ciclos superiores facilitaría el diseño y control de sistemas electrohidráulicos:

Tabla 1. Beneficiarios directos

Detalle	Cantidad
Estudiantes de la Carrera de Electromecánica	151
Total	151

Fuente: Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos están constituidos por estudiantes de otras instituciones educativas o personas particulares que visiten las instalaciones de la universidad con fines de fortalecer sus conocimientos técnicos.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Problemática

El avance tecnológico en la industria moderna, demanda que los futuros profesionales en Electromecánica desarrollen habilidades prácticas en el manejo de los sistemas hidráulicos automatizados, los cuales forman parte esencial de los procesos productivos en los sectores manufacturero, automotriz y agroindustrial. En este contexto, los laboratorios universitarios deben contar con equipos didácticos que faciliten la comprensión de los principios de operación, control y diagnóstico de dichos sistemas, garantizando una formación integral que responda a las exigencias del entorno laboral.

En el laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, carece actualmente de un módulo didáctico de electro hidráulica adecuado para monitorizar las variables fundamentales como la presión y el flujo en sistemas hidráulicos. Esta deficiencia limita de manera considerablemente el desarrollo práctico de los estudiantes en asignaturas relacionadas con la hidráulica, automatización, OLEO neumática y control de fluidos, ya que no cuentan con un entorno experimental que permitan aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en clase.

Además, la ausencia de este tipo de módulo restringe la realización de prácticas de laboratorio alineadas con los estándares académicos y tecnológicos actuales, afectando negativamente la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje, reduciendo las competencias técnicas de los futuros profesionales. Esta situación evidencia la necesidad urgente de implementar un módulo didáctico de electrohidráulica que disponga de instrumentos para medir y visualizar parámetros como presión caudal, así como elementos para configurar distintos circuitos hidráulicos de forma segura. La incorporación de este recurso permitirá fortalecer las capacidades prácticas de los estudiantes, incrementar la eficiencia del aprendizaje experimental y potenciar su preparación para enfrentar retos reales dentro del ámbito industrial.

5.3. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de un módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo para el laboratorio de Electromecánica de la UTC, Extensión La Maná, ¿puede mejorar la formación práctica de los estudiantes y fortalecer las capacidades de investigación aplicada en sistemas electrohidráulicos?

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general.

Implementar un módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo para el laboratorio de Electromecánica de la UTC Extensión La Maná.

6.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información actualizada acerca de componentes de automatización que serán empleados en el módulo analizando los datos y las fuentes bibliográficas disponibles en múltiples bases de datos.
- Diseñar e integrar un módulo electrohidráulico con componentes hidráulicos, de instrumentación y control para el monitoreo de presión y caudal mediante transmisores conectados a un PLC.
- Realizar pruebas de validación de los instrumentos instalados utilizados una metodología para pruebas FAT (Factory Acceptance Test).

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividades	Resultados	Descripción
Recopilar información actualizada acerca de componentes de automatización que serán empleados en el módulo analizando los datos y las fuentes bibliográficas disponibles en múltiples bases de datos.	• Búsqueda de información científica y técnica sobre sistemas de automatización e instrumentación industrial. • Análisis y síntesis de las características de los componentes.	Lista de componentes.	Documentos digitales de los artículos y fichas consultadas.
Diseñar e integrar un módulo electrohidráulico con componentes hidráulicos, de instrumentación y control para el monitoreo de presión y caudal mediante transmisores conectados a un PLC.	• Elaboración del diseño conceptual. • Selección de los componentes hidráulicos, eléctricos y de instrumentación. • Modelado de la estructura del módulo mediante CAD. • Desarrollo de la lógica de control del sistema mediante PLC. • Simulación del funcionamiento del sistema hidráulico.	Planos técnicos completos del módulo. Planos estructurales. Diagramas hidráulicos.	Planos y diagramas archivados.
Realizar pruebas de validación de los instrumentos instalados utilizados una metodología para pruebas FAT (Factory Acceptance Test).	• Verificar conexiones eléctricas y funcionalidad de sensores con pruebas preliminares.	Registros de pruebas preliminares y ajustes realizados,	Registro de pruebas y funcionamiento.
	• Diseñar plan de pruebas FAT.	Resultados de pruebas conforma a normativas	Reporte de pruebas.
	• Analizar resultados y realizar ajustes según tolerancias establecidas.	Informe final pruebas FAT.	Reportes

Fuente: Richard Ricardo Alay Sánchez y Brayan Orlando Barriga Perugachi

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Fundamentos de Electrohidráulica

La palabra “hidráulica” tiene su origen en el griego *hydor*, que se traduce como “agua. Hidráulica es la tecnología que se utiliza para la transmisión y regulación de las fuerzas y movimientos a través de fluidos comprimidos, donde los aceites minerales son los líquidos que más eficazmente dan cumplimiento con el servicio, sin embargo, la capacidad de utilizar otros líquidos, como emulsiones de agua y aceite o aceites sintéticos; es una de las áreas más importantes en la automatización industrial [1].

Esta combinación posibilita la creación de los sistemas potentes, precisos y con tiempos de respuesta rápidos, que son ampliamente aplicados en sectores como la manufactura, robótica, minería, aeronáutica y maquinaria pesada. Por lo cual el dominio teórico y práctico de los sistemas electrohidráulicos es relevante para la preparación de técnicos y profesionales con capacidad para el diseño, gestión y mantener equipos automatizados de alto desempeño [2].

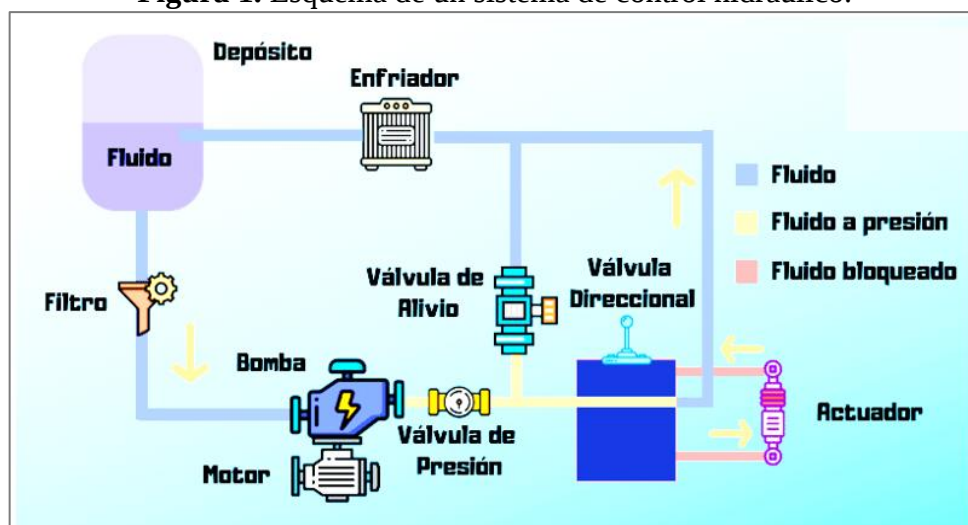
Para comprender la electrohidráulica es importante conocer los fundamentos físicos de los sistemas hidráulicos, como la presión, el flujo y la energía transmitida mediante los líquidos y los principios eléctricos y electrónicos que hacen posible su automatización. En la actualidad, la supervisión de las variables hidráulicas se realiza con sensores y transmisores que transforman las magnitudes físicas en señales eléctricas. Estas señales pueden ser interpretadas por controladores lógicos para ser programados (PLC) o por interfaces digitales de monitoreo, permitiendo un control óptimo, con mayor seguridad y una operación energética eficiente [3].

El desarrollo e implementación de módulos didácticos de electrohidráulica, surge como respuesta a la necesidad de fortalecer el aprendizaje técnico a través de la experiencia práctica. Estos módulos brindan un entorno seguro y controlado para que los estudiantes puedan observar el comportamiento real de los componentes, entender las leyes que rigen el flujo de fluidos y analizar cómo influyen las variaciones en presión y en caudal. La incorporación de transmisores y sistemas de monitoreo digital facilita la aplicación de técnicas avanzadas de control y diagnóstico, similares a las que se emplean en las industrias reales [4].

En este marco teórico, se abordan los principios técnicos que sustentan la creación de un módulo didáctico electrohidráulico con monitoreo de presión y flujo, incluyendo los fundamentos básicos de electrohidráulica con monitoreo de presión de flujo, incluyendo los fundamentos básicos de electrohidráulica, los sistemas de control y sus componentes, tales como válvulas, actuadores, sensores y transmisores [5]. Se examina también la relación entre la hidráulica, la y la electrónica, resaltando la relevancia de la instrumentación para la medición y registro de variables. Adicionalmente, se contempla el uso de software de simulación y control en el diseño del sistema, que permita anticipar el comportamiento de los circuitos antes de su montaje físico. Finalmente, se estudian las bombas hidráulicas y los procedimientos de prueba FAT (Factory Acceptance Test), esenciales para verificar la funcionalidad y seguridad del sistema implementado [1]

Se conoce como módulo didáctico de electro hidráulica es un conjunto de equipos y componentes interconectados que permiten una reproducción a escala en laboratorios, el funcionamiento de los sistemas electrohidráulicos industriales. Teniendo como propósito facilitar el aprendizaje por medio de la manipulación directa de los elementos reales utilizados en procesos industriales [6]. En efecto, se trata de un recurso pedagógico integrando la teoría y la práctica, permitiendo que los estudiantes puedan observar y analizar los comportamientos de las variables hidráulicas en el transcurso de la operación del sistema.

Figura 1. Esquema de un sistema de control hidráulico.



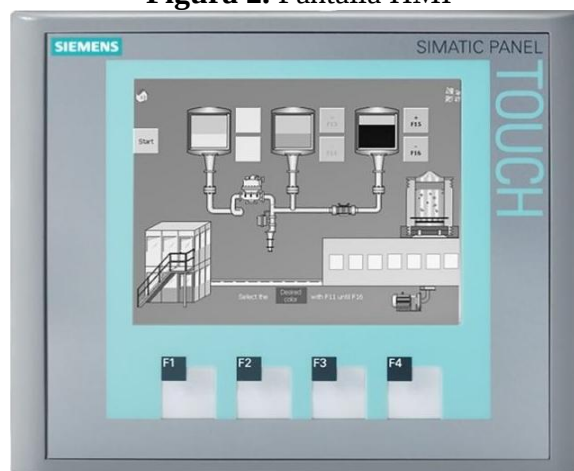
Fuente: [3]

Mediante su manejo se posibilita comprender la relación que existe entre los componentes hidráulicos, eléctricos y de control, así como el funcionamiento de los sensores y actuadores involucrados. Contribuyendo al fortalecimiento de competencias técnicas. A continuación, se describen sus componentes:

8.2.1. Pantalla HMIM

Una pantalla HMI (Human Machine Interfase) es un dispositivo de visualización y control que permite la interacción directa entre el operador y el sistema automatizado, usualmente es una pantalla táctil, diseñada para mostrar información sobre el proceso y posibilitar la ejecución de comandos de manera sencilla e intuitiva [3].

Figura 2. Pantalla HMI



Fuente: [1]

Por lo general, suele tener un formato rectangular, con un papel frontal resistente, fabricado para soportar polvo, humedad y vibraciones; la mayoría de ellas actualmente dispone de pantallas táctiles a color, lo que facilita la observación de datos como estados del sistema, alarmas, gráficos y botones de control. A nivel funcional este dispositivo muestra información proveniente del PLC: estado de los sensores, válvulas, cilindros y ciclos de operación, Utilizando la pantalla el operador puede iniciar o detener el proceso, modificar parámetros, seleccionar modos y visualizar alarmas del sistema hidráulico [6].

8.2.1.1. Características de la HMI

En la siguiente tabla se presentan las características principales del HMI Siemens KTP400 Basic:

Tabla 3. Características del HMI

Parámetro	Especificación
Marca	Siemens
Serie	SIMATIC HMI Basic Panel
Tamaño de pantalla	4 pulgadas
Dimensiones visibles de pantalla	154 × 86 mm (aprox.)
Resolución	800 × 480 píxeles
Número de colores	65 536 colores
Tipo de pantalla	TFT LCD
Tipo de operación	Pantalla táctil resistiva
Brillo de pantalla	≈ 300 cd/m ²
Vida útil de la retroiluminación	≈ 50 000 h
Alimentación nominal	24 V DC
Rango de voltaje de alimentación	19.2 – 28.8 V DC
Consumo de potencia	≈ 6 W
Corriente aproximada	≈ 0.25 A
Memoria para proyectos	10 MB
Interfaces de comunicación	1 × Ethernet / PROFINET
Velocidad de comunicación	10 / 100 Mbps
Puerto físico	RJ45

Fuente: [7]

8.2.1.2. Partes de la pantalla HMI Siemens KTP400 Basic

Las partes y conformación de la pantalla HMI son las siguientes:

- **Unidad de visualización táctil (TFT 4):** Es un elemento que permite la interacción hombre-máquina, así como la supervisión de los procesos mediante una representación gráfica de las variables, estados lógicos y las secuencias del sistema automatizado.
- **Dispositivo de entrada táctil y teclas funcionales:** Sistema de entrada que permite al operador enviar comandos discretos al proceso, garantizando una operación segura y controlada del módulo.

- **Interfaz gráfica de supervisión:** Entorno gráfico configurable que traduce las señales del proceso en información comprensible, facilitando la toma de decisiones operativas y el control del sistema.
- **Frente industrial normalizado:** Es la superficie diseñada bajo estándares industriales que proporcionan protección mecánica y ambiental, asegurando confiabilidad operativa en condiciones de uso continuo.
- **Estructura de montaje y fijación:** Sistema mecánico que ayuda a garantizar la correcta instalación del panel, asegurando estabilidad, ergonomía y visibilidad durante la operación.
- **Sistema de señalización de estado:** Son los elementos visuales que informan sobre el estado operativo del panel y su interacción con el sistema de automatización [8].

8.2.2. Unidad de potencia hidráulica

Esta unidad facilita la transformación de la energía eléctrica en energía hidráulica para alimentar el circuito del módulo didáctico y está constituido por los siguientes componentes:

8.2.2.1. Bomba

La bomba es un dispositivo encargado de transformar la energía mecánica provista del motor eléctrico en energía hidráulica, generando un caudal constante del fluido hacia el sistema. La elección del mismo suele fundamentarse en la facilidad del control, bajo manteamiento y rendimiento óptimo para sistemas didácticos, Trabaja típicamente dentro de un rango de presión de 20 0 bar y un caudal de aproximadamente 8 a 12 L/min [4].

Figura 3. Bomba hidráulica de Engranajes.



Fuente: [5]

Características de la bomba hidráulica de desplazamiento fijo

En la tabla se describe las principales características técnicas de la bomba hidráulica de desplazamiento fijo, utilizados en el módulo electrohidráulico:

Tabla 4. Características de la bomba hidráulica de Engranajes.

Parámetro	Valor
Tipo de bomba	Bomba hidráulica de engranaje
Material del cuerpo	Aluminio fundido / acero
Tipo de accionamiento	Mecánico mediante motor eléctrico
Caudal nominal	6 – 10 L/min
Presión nominal de trabajo	120 – 150 bar
Presión máxima	180 bar
Velocidad de operación	1500 – 3000 rpm
Cilindrada volumétrica	4 – 6 cm ³ /rev
Tipo de eje	Eje estriado
Diámetro del eje	12 – 16 mm
Tipo de montaje	Brida frontal de 4 pernos
Diámetro de puertos	3/8" – 1/2" NPT
Eficiencia volumétrica	85 – 92 %
Temperatura de operación	-10 °C a 80 °C
Tipo de fluido	Aceite hidráulico
Peso aproximado	2 – 3 kg

Fuente: [10].

8.2.2.2. Motor eléctrico bifásico

El motor eléctrico bifásico, es una máquina eléctrica rotativa de corriente alterna diseñada para operar con un sistema de alimentación de dos fases desfasadas eléctricamente 90°. Aporta la energía mecánica necesaria para el funcionamiento de la bomba hidráulica. Ese desfase genera en el estator un campo magnético giratorio uniforme, que introduce corrientes en el rotor y produce par electromagnético, permitiendo la conversión de energía eléctrica mecánica rotacional. Su principio de funcionamiento se sostiene en el electromagnetismo y la inducción electromagnética, donde la interacción entre los campos magnéticos del estator y el rotor genera el movimiento constante del eje [5].

Figura 4. Motor bifásico



Fuente: [9]

Características del motor eléctrico bifásico

Las principales características del motor eléctrico bifásico son las siguientes:

Tabla 5. Características del motor eléctrico trifásico

Característica	Descripción
Tipo de máquina	Motor eléctrico de corriente alterna
Sistema de alimentación	Bifásico (dos corrientes alternas desfasadas 90°)
Componentes principales	Estatórotor, rotor, eje, rodamiento, carcasa
Conversión de energía	Eléctrica – mecánica
Velocidad de operación	Depende de la frecuencia y número de polos
Tipo de rotor	Jaula de ardilla o rotor bobinado
Frecuencia típica	50 Hz o 60 Hz
Aplicaciones	Equipos industriales, sistemas de control y ciertos servomotores
Potencia nominal	0.5 – 5 HP (0.37 – 3.7 kW)
Voltaje de alimentación	110 V – 220 V – 440 V
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Corriente nominal	2 – 15 A (según potencia)
Velocidad nominal	1400 – 3600 rpm
Número de polos	2, 4 o 6 polos
Factor de potencia ($\cos \phi$)	0.70 – 0.90
Eficiencia	75 % – 90 %
Temperatura máxima operativa	80 – 120 °C
Clase de aislamiento	B, F o H
Nivel de protección	IP44 – IP55
Tipo de enfriamiento	Ventilación forzada o autoventilado
Tipo de rotor	Jaula de ardilla o bobinado
Peso aproximado	10 – 35 kg

Fuente: [10]

Partes del motor eléctrico bifásico

Para el adecuado funcionamiento del motor eléctrico trifásico se requieren los siguientes componentes:

Estatórotor: Es un componente fijo, formado por un núcleo laminado y devanados trifásicos, generando un campo magnético giratorio encargado de movimiento del rotor.

Rotor: Elemento móvil, generalmente de tipo jaula de ardilla, que gira como efecto de la inducción electromagnética y transmite movimiento al eje del motor.

Eje de transmisión: Eje mecánico solidario al rotor, transmite el movimiento rotacional de manera directa a la bomba hidráulica a través de acoplamiento.

Carcasa: Estructura externa que protege los componentes internos del motor y facilita la disipación del calor generado en la operación continua.

Rodamiento: Elementos mecánicos que sirven de soporte al eje y permiten un giro suave y alineado, reduciendo pérdidas mecánicas.

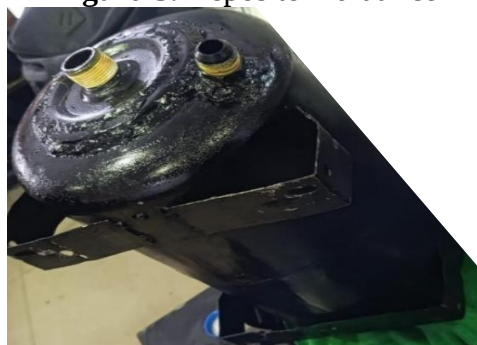
Sistema de ventilación: Conjunto formado por el ventilador y la cubierta, encargada de mantener la temperatura de operación del motor dentro de los límites permitidos.

Cajas de bornes: Espacio destinado a las conexiones eléctricas del motor, permitiendo configuraciones de conexión adecuadas a la red de alimentación del módulo [4].

8.2.2.3. Depósito hidráulico

El depósito hidráulico construye un componente dedicado al almacenamiento del fluido hidráulico del sistema, asegurando un suministro continuo y estable hacia la bomba durante la operación del módulo. Su diseño y capacidad permiten compensar las variaciones del volumen fluido provocados por el movimiento del actuador, además de facilitar la disipación del calor generados durante el funcionamiento del sistema electrohidráulico [5].

Figura 5. Depósito hidráulico



Fuente: [12]

Adicionalmente, cumple funciones determinantes para el correcto desempeño del sistema, tales como la separación de aire, la sedimentación de partículas contaminantes y la protección del

fluido frente a agentes externos. Estas características contribuyen a prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos y garantizan un funcionamiento seguro y eficiente del módulo didáctico durante las prácticas de laboratorio [10].

Características del depósito

El tanque de depósito tiene una capacidad de 5 gl está diseñado para almacenar fluido que alimenta el sistema hidráulico del módulo, su estructura metálica de acero proporciona resistencia mecánica y protección contra fugas, mientras que las conexiones roscadas permiten la integración con las líneas de succión y retorno del circuito.

Tabla 6. Características del depósito

Parámetro	Valor
Tipo de equipo	Depósito de aceite hidráulico
Capacidad	5 galones (≈ 18.9 L)
Material de fabricación	Acero al carbono
Espesor del material	2 – 3 mm
Altura aproximada	300 mm
Diámetro aproximado	200 mm
Número de conexiones	2
Tipo de conexión	Rosca externa
Diámetro de conexión	1/2" NPT
Presión de operación	Presión atmosférica
Temperatura de trabajo	-10 °C a 80 °C
Tipo de fluido	Aceite hidráulico
Sistema de fijación	Soporte metálico soldado
Acabado superficial	Pintura anticorrosiva industrial
Peso aproximado (vacío)	4 – 5 kg

Fuente: [2]

8.2.2.4. Cilindros hidráulicos

El cilindro hidráulico HMW- 150C es un actuador diseñado para producir movimiento lineal controlado mediante la acción de fluido presurizado, su estructura está compuesta por un cuerpo cilíndrico metálico, un pistón interno un vástago que transmite fuerza generada hacia el exterior. En efecto, este elemento opera con una presión de operación de hasta 150 bar, el cilindro puede generar fuerzas de empuje y retracción, transformando una forma de energía en movimiento mecánico. Su función principal es convertir la energía disponible en movimiento mecánico. Su

función es convertir la energía disponible (eléctrica, neumática o hidráulica) en desplazamiento, fuerza o velocidad, permitiendo que el sistema realice un trabajo en específico [14].

Figura 6. Cilindros hidráulicos



Fuente: [5]

En los sistemas hidroeléctricos, el actuador es el elemento final de actuación y funcionamiento que depende directamente de la presión y el caudal de fluido hidráulico. En el módulo didáctico implementado, el actuador utilizado es un cilindro hidráulico de doble efecto, el cual permite generar movimiento lineal controlado, facilitando el análisis del comportamiento del sistema en función de las variables de presión [10].

Características del cilindro eléctrico

El cilindro hidráulico de doble efecto utilizado como actuador en el módulo electrohidráulico presenta las siguientes características técnicas:

Tabla 7. Características del cilindro eléctrico

Parámetro	Valor
Modelo	HMW-150C
Tipo de cilindro	Doble efecto
Presión máxima de trabajo	4 a 5 bar
Diámetro del cilindro (alesaje)	20 mm
Diámetro del vástago	10 mm
Carrera del vástago	150 mm
Longitud total aproximada	350 mm
Fuerza máxima de empuje	≈ 18.8 kN
Fuerza máxima de retracción	≈ 14.1 kN
Tipo de conexión hidráulica	Rosca 1/4" NPT
Número de puertos hidráulicos	2
Temperatura de operación	-10 °C a 80 °C
Tipo de fluido	Aceite hidráulico ISO VG 32–46
Peso aproximado	4 – 6 kg
Material del cuerpo	Acero
Material del vástago	Acero cromado

Fuente: [4]

- **Tipo de actuador:** Lineal, hidráulico, con doble efecto, con accionamiento bidireccional, mediante presión hidráulica alternada en ambas cámaras.
- **Rango de presión del trabajo:** Diseñado para operar dentro de rangos típicos de sistemas hidráulicos industriales, soportando presiones elevadas sin deformación estructural, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- **Generación de fuerza:** La fuerza desarrollada es proporcional a la presión aplicada y al área efectiva del pistón, permitiendo obtener elevados esfuerzos lineales con un control preciso.
- **Velocidad de desplazamiento:** Dependiendo directamente del caudal suministrado al cilindro, lo que permite regular la velocidad del vástago mediante válvulas reguladoras del caudal.
- **Carrera útil:** Longitud máxima del desplazamiento del vástago, definida según el diseño de módulo, permitiendo el análisis del movimiento lineal completo del actuador.
- **Materiales de construcción:** Fabricado en acero de alta resistencia para el cuerpo del vástago con tratamiento superficiales que mejoran la resistencia al desgaste y a la corrosión.
- **Sistema de sellado;** Incorpora sellos de alta presión que garantizan la estanqueidad interna y externa, reduciendo pérdidas de fluido y aumentando la eficiencia del sistema.
- **Tipo de montaje:** Diseñado por montaje fijo dentro del módulo didáctico, asegurando estabilidad mecánica durante su operación y facilitando la observación del movimiento del actuador [11].

Válvulas hidráulicas

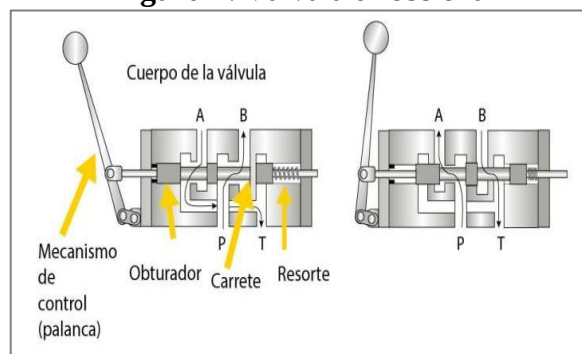
Las válvulas hidráulicas son dispositivos de control que regulan el comportamiento del fluido dentro de un sistema hidráulico, permitiendo dirigir, interrumpir o limitar el flujo de aceite a presión. En los sistemas electrohidráulicos, las válvulas son accionadas eléctricamente y constituyen el vínculo entre el sistema de control y el sistema hidráulico de potencia [10].

La función principal es controlar la dirección del flujo, regular la presión del sistema y proteger los componentes hidráulicos frente a condiciones de sobrepresión. En el módulo didáctico, las

válvulas permiten el accionamiento controlado del cilindro hidráulico y garantizan la operación segura del sistema al mantener la presión dentro de los límites establecidos [4].

Válvula direccional: La válvula direccional es el elemento encargado de controlar el sentido del flujo hidráulico hacia las cámaras del cilindro, permitiendo el movimiento de avance y retroceso del actuador. En el módulo, este componente es accionado eléctricamente a través del PLC [4].

Figura 7. Válvula direccional

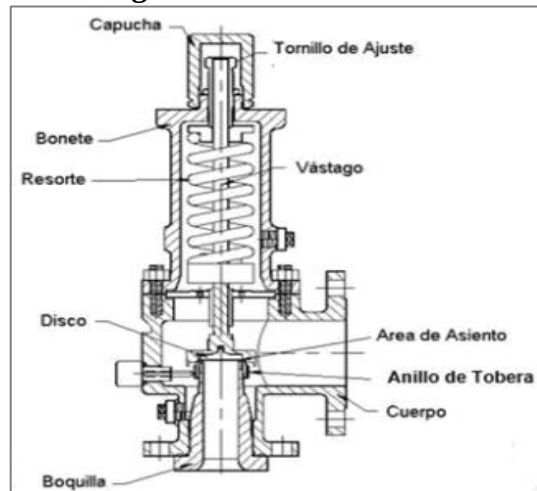


Fuente: [2]

Partes principales:

- **Cuerpo de la válvula:** Estructura que aloja los conductos internos del fluido.
- **Carrete (spool):** Elemento móvil que dirige el flujo hidráulico.
- **Bobinas eléctricas (solenoides):** Dispositivos que generan el desplazamiento del carrete al ser energizados.
- **Resortes de retorno:** Permiten que la válvula regrese a su posición inicial.
- **Puertos hidráulicos:** Entradas y salidas del fluido [2]

Válvula de alivio: La válvula de alivio es un dispositivo de seguridad que limita la presión máxima del sistema hidráulico, desviando el fluido hacia el tanque cuando se supera el valor de presión establecido [14].

Figura 8. Válvula de alivio

Fuente: [14]

Partes principales:

- **Cuerpo de la válvula:** Contiene los conductos internos y el mecanismo de alivio.
- **Resorte de calibración:** Define el valor de presión máxima del sistema.
- **Obturador o pistón:** Elemento que se abre al superar la presión de ajuste.
- **Tornillo de regulación:** Permite ajustar la presión de alivio.
- **Puerto de entrada y salida:** Conexión hacia el sistema y el depósito. [14]

8.2.2. Instrumentación y control

La instrumentación es el conjunto de sistemas, instrumentos y dispositivos asociados que se emplean en un proceso industrial. Su principal función es interactuar con las variables físicas del proceso para:

- Medir (o censar).
- Detectar y supervisar.
- Señalizar y comunicar.
- Controlar los atributos de dichas variables [11].

Su objetivo son las mediciones tomadas de los procesos son fundamentales para tres fines principales: monitoreo: observar el estado actual del proceso, documentar el comportamiento

histórico de las variables, ajustar las variables para mantener el proceso dentro de los límites deseados [7]. El sistema de instrumentación y control del módulo didáctico de electrohidráulica permite la medición, supervisión y control de las variables, facilitando la interacción entre los componentes físicos y el sistema de automatización. Es vital para el monitoreo de presión y caudal, así como para el accionamiento controlado de los actuadores durante las prácticas [3].

Se integra mediante sensores, transmisores y un controlador lógico programable PLC, los cuales permiten adquirir señales del proceso, assimilarlas y ejecutar las acciones de control sobre los elementos electrohidráulicos. De esta manera, el módulo reproduce condiciones similares a las de un entorno industrial real [12].

8.2.2.1. Transmisores.

Son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmite a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o combinación mixta, se compone de:

Transmisores de presión (señal 4-20 mA)

El transmisor de presión es un dispositivo de instrumentación encargado de medir la presión del fluido hidráulico dentro del sistema y convertirla en una señal eléctrica proporcional, generalmente de 4-20 mA. Esta señal es enviada al PLC para su monitoreo y análisis, permitiendo evaluar el comportamiento del sistema en diferentes condiciones de operación [5].

Figura 9. Transmisor de presión (señal 4-20 mA)

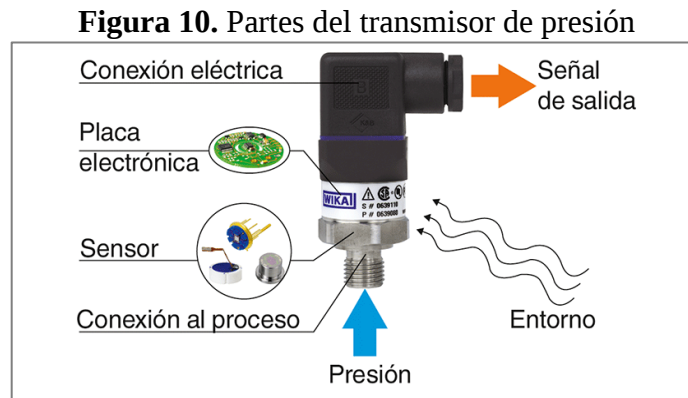


Fuente: [5]

La medición de presión resulta esencial para verificar el adecuado funcionamiento del sistema hidráulico, garantizar la seguridad de los componentes y analizar el efecto de las válvulas de control. En el módulo didáctico, el transmisor de presión posibilita a los estudiantes visualizar y entender la relación entre presión, fuerza y desempeño del actuador hidráulico.

Partes del transmisor de presión

El transmisor utilizado en el módulo didáctico de electrohidráulica está conformado por los siguientes componentes principales:



Fuente: [13]

- **Sensor:** elemento primario encargado de detectar la variable hidráulica del sistema, como la presión o el caudal, y convertirla en una señal eléctrica proporcional de bajo nivel [12].

Figura 11. Sensor



Fuente: [14]

- Un sensor industrial de flujo o detector de caudal supervisa la velocidad o volumen de líquidos y gases en tuberías. Emplea tecnologías magnéticas, de efecto Hall o de presión diferencial para medir caudales, optimizar procesos, detectar fugas y asegurar la eficiencia del sistema.
- **Circuito de acondicionamiento de señal:** responsable de amplificar, filtrar y estabilizar la señal generada por el sensor, garantizando una medición precisa y confiable.
- **Etapas de conversión de señal:** componente encargado de transformar la señal acondicionada en una señal eléctrica estándar, generalmente de 4–20 mA, utilizada para la comunicación con el sistema de control.

- **Carcasa o cuerpo del transmisor:** estructura que protege los componentes internos frente a condiciones ambientales, vibraciones y presión, asegurando la durabilidad y seguridad del dispositivo [14].

Figura 12. Carcasa o cuerpo del transmisor



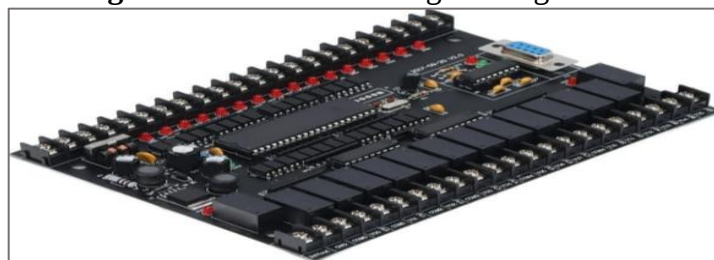
Fuente: [5]

- **Conexiones eléctricas y de proceso:** permiten la alimentación del transmisor y la transmisión de la señal de salida hacia el controlador, así como la correcta instalación del dispositivo en el sistema hidráulico.

Controlador Lógico Programable PLC

Se describe el PLC como un dispositivo electrónico programable utilizado para automatizar procesos industriales, es capaz de recibir señales de sensores, procesarlas mediante un programa lógico y accionar dispositivos de salida como electroválvulas. Funciona como un computador autosuficiente con la capacidad de operar en entornos exigentes como fábricas y plantas de producción [15].

Figura 13. Controlador Lógico Programable



Fuente: [10]

Recibe señales de entrada provenientes de sensores, interruptores o pulsadores, las procesa a través de un programa previamente cargado y genera señales de salida para accionar motores, válvulas, luces u otros equipos. Su programación posibilita adaptar con facilidad el control de diferentes procesos sin necesidad de modificar el cableado físico. Trabajan en ciclos constantes de lectura, procesamiento y respuesta en tiempo real, por lo tanto, se caracterizan por su alta

confiabilidad, resistencia y precisión en la ejecución de tareas, son fundamentales en sistemas de automatización industrial moderna [3].

Características del PLC

El Controlador Lógico Programable presenta una serie de características que a continuación se detallan:

Tabla 8. Características del PLC

Característica	Especificación
Equipo	Controlador Lógico Programable (PLC)
Tipo de dispositivo	Controlador electrónico para automatización industrial
Alimentación	24 V DC
Potencia de consumo	5 – 20 W
Entradas digitales	8 – 16 entradas (24 VDC)
Salidas digitales	8 – 16 salidas (24 VDC)
Entradas analógicas	2 – 4 canales (4–20 mA / 0–10 V)
Salidas analógicas	2 canales (0–10 V o 4–20 mA)
Memoria de programa	8 KB – 64 KB
Tiempo de escaneo	0.1 – 5 ms
Comunicación	USB / Ethernet / RS-485

Fuente: [6]

Componentes del PLC

Los componentes principales del Controlador Lógico Programable PLC son los siguientes:

- **Unidad central de procesamiento (CPU):** se trata de un componente primordial del PLC, el cual se ocupa de ejecutar el programa de control, procesar la información proveniente de las entradas y generar las señales de salida de acuerdo con la lógica programada [2].

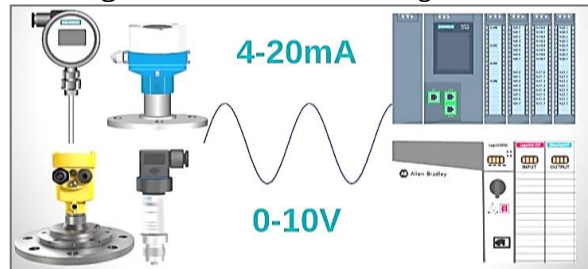
Figura 14. CPU



Fuente: [15]

- **Entradas analógicas:** permiten la recepción de señales analógicas provenientes de los transmisores de presión y caudal, generalmente en el rango de 4-20 mA, para su procesamiento dentro del PLC.

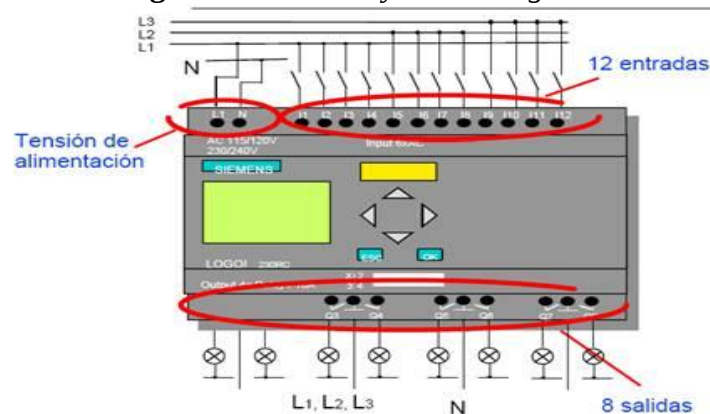
Figura 15. Entradas analógicas



Fuente: [16]

- **Entradas digitales:** reciben señales discretas que provienen de dispositivos como pulsadores, interruptores o sensores de estado, utilizados para el control manual o supervisión del sistema.
- **Salidas digitales:** generan señales eléctricas que permiten accionar dispositivos de control, tales como electroválvulas o relés, responsables del funcionamiento del sistema electrohidráulico.

Figura 16. Entrada y salidas digitales

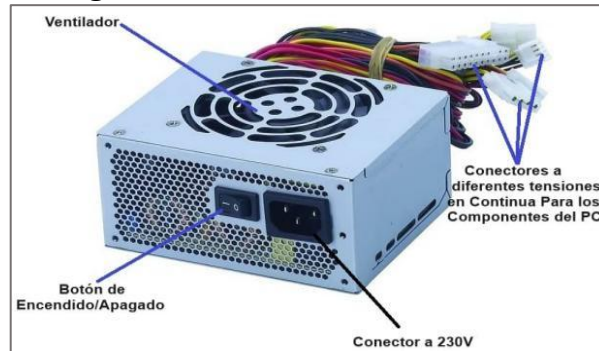


Fuente: [12]

Fuente de alimentación: suministra la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del PLC y de sus módulos, garantizando una operación estable y segura, tiene por función convertir la energía eléctrica de la red (AC) en un voltaje estable de corriente continua (24 VDC) necesario para alimentar dispositivos de control como el Controlador Lógico Programable

(PLC), los transmisores de presión y flujo, sensores y otros componentes electrónicos del sistema de monitoreo.

Figura 17. Fuente de alimentación



Fuente: [12]

Características de la fuente de alimentación

A continuación, se presentan las principales características de la fuente de alimentación:

Tabla 9. Características de la fuente de alimentación

Característica	Especificación
Equipo	Fuente de alimentación conmutada
Tipo de dispositivo	Fuente de alimentación para sistemas de control industrial
Tensión de entrada	110 – 220 V AC
Frecuencia de entrada	50 / 60 Hz
Tensión de salida	24 V DC
Corriente de salida	3 – 10 A
Potencia nominal	72 – 240 W
Tipo de conversión	AC / DC
Regulación de voltaje	± 1 %
Protección	Sobrecarga, cortocircuito y sobrevoltaje
Indicador de funcionamiento	LED de estado

Fuente: [5]

Señales que el PLC envía al HMI

El PLC envía al HMI información del estado y funcionamiento del sistema, entre las principales señales se encuentran:

- **Estados de operación:** arranque, paro, sistema activo o detenido.
- **Estados de actuadores:** posición del cilindro hidráulico (extendido o retraído), estado de válvulas (activadas o desactivadas).
- **Variables de proceso:** valores de presión y caudal obtenidos de los transmisores.
- **Alarmas y fallas:** sobrepresión, fallos de señal, errores de operación o condiciones anormales del sistema.
- **Indicadores de proceso:** ciclos en ejecución, tiempos de operación o conteo de eventos [7].

Señales que el HMI envía al PLC

La HMI envía comandos de control al PLC, los cuales son utilizados para operar el sistema, entre ellos se encuentran los siguientes:

- Comandos de arranque y paro del sistema.
- Selección de modos de operación, como manual o automático.
- Ajuste de parámetros, como tiempos de trabajo o límites de presión permitidos.
- Confirmación o reinicio de alarmas.
- Activación de secuencias específicas durante las pruebas experimentales [18].

Conexiones del PLC

Para el funcionamiento de este componente, en la etapa electrónica se conectan los transmisores, que entregan señales analógicas estándar 4–20 mA hacia el PLC para su adquisición y procesamiento. El control de las electroválvulas se efectúa mediante salidas digitales, que permiten manejar el avance y retroceso del actuador [15].

También existen conexiones de alimentación, que proporcionan energía al equipo y a algunos dispositivos externos. En este contexto, muchos PLC incluyen puertos de comunicación como USB, Ethernet o RS-485 para programarlos o integrarlos con otros sistemas, en la siguiente tabla se muestran dichas conexiones: [13].

Tabla 10. Conexiones del PLC en el módulo electro hidráulico

Elemento	Tipo de señal	Conexión al PLC	Función dentro del módulo
Transmisor de presión	Analógica 4–20 mA	Entradas analógicas (AI)	Envía al PLC el valor real de la presión del sistema hidráulico para monitoreo y control.
Transmisor de caudal	Analógica 4–20 mA	Entradas analógicas (AI)	Permite medir el caudal del fluido y evaluar el comportamiento del sistema en tiempo real.
Electroválvulas hidráulicas	Digital 24 VDC	Salidas digitales (DO)	Activan o desactivan el movimiento del cilindro hidráulico según la lógica programada.
Pulsadores de mando	Digital 24 VDCF	Entradas digitales (DI)	Permiten el control manual del sistema durante las prácticas de laboratorio.
Finales de carrera	Digital 24 VDC	Entradas digitales (DI)	Detectan la posición del cilindro y aportan seguridad al sistema.
Fuente de alimentación	24 VDC	Bornes de alimentación del PLC	Suministra energía al PLC, sensores y actuadores.
Computador de programación	Comunicación USB / Ethernet	Puerto de comunicación del PLC	Permite cargar el programa y monitorear las variables del sistema.

Fuente: [8]

En la parte final, se realiza la calibración de sensores y la prueba funcional del sistema, verificando que las señales transmitidas coincidan con los valores reales de presión y flujo obtenidos en el circuito hidráulico.

Ventajas del Controlador Lógico Programable PLC

Las principales ventajas que presenta el controlador lógico programable son las siguientes:

- **Automatización precisa del sistema hidráulico:** permite controlar de manera exacta válvulas, bombas y actuadores hidráulicos, asegurando secuencias de operación correctas y repetitivas sin intervención manual.
- **Mayor seguridad operativa:** Mediante sensores y señales de entrada, el PLC puede detectar fallas como sobrepresión, fugas o temperaturas anormales, activando paradas de emergencia que protegen tanto al equipo como al operador.

- **Flexibilidad y facilidad de programación:** puede ser reprogramado fácilmente para modificar ciclos de trabajo, tiempos y secuencias del módulo hidráulico, sin necesidad de realizar cambios físicos en el sistema [15].
- **Reducción de errores humanos:** Al automatizar los procesos hidráulicos, el PLC minimiza errores derivados de la operación manual, mejorando la confiabilidad y la eficiencia del sistema.
- **Mejor monitoreo y control del proceso:** permite supervisar variables como presión, caudal y posición en tiempo real, facilitando el diagnóstico y mantenimiento del módulo hidráulico.
- **Integración con otros sistemas industriales:** puede comunicarse con interfaces HMI, sensores y otros sistemas de control, permitiendo una gestión más completa y moderna del módulo hidráulico [3].

8.2.3. Software y simulación para electro hidráulica.

Para el diseño y validación previa del módulo didáctico de electrohidráulica se utiliza el software FluidSim, una herramienta especializada en la simulación de circuitos hidráulicos y electrohidráulicos. Este programa permite modelar el comportamiento del sistema antes de llevarlo a la implementación física, asegurando que los componentes seleccionados cumplan con la funcionalidad requerida [13].

La simulación inicia con el diseño del circuito hidráulico base, incorporando la bomba, válvulas direccionales, válvula de alivio y el cilindro de doble efecto. Posteriormente se integra la lógica de control mediante solenoides y elementos eléctricos que representan los dispositivos que serán comandados por el PLC en el módulo real. FluidSim posibilita observar variables dinámicas como la presión y la velocidad del actuador en función del ajuste de caudal y de la carga aplicada, lo que facilita la predicción del comportamiento durante la operación [12].

8.2.3.1. Análisis y verificación pruebas tipo FAT

Las pruebas FAT (Factory Acceptance Test) constituyen el proceso de verificación inicial del módulo didáctico de electrohidráulica antes de ser implementado y utilizado en el laboratorio.

El objetivo principal de estas pruebas es comprobar que todos los componentes instalados cumplen con los parámetros técnicos de diseño y con la funcionalidad requerida para las prácticas académicas [14].

El procedimiento FAT inicia con la inspección visual del montaje eléctrico e hidráulico, asegurando conexiones correctas, ausencia de fugas, adecuada sujeción del cableado y correcto direccionamiento de mangueras y racores. Posteriormente, se lleva a cabo la verificación eléctrica de continuidad, protección del motor, funcionamiento del arranque y parada, así como el accionamiento seguro de los solenoides de la válvula direccional [6].

En la fase operativa se evalúa el funcionamiento dinámico del cilindro hidráulico bajo diferentes condiciones de caudal y presión, verificando su respuesta al control ejercido por el PLC. Además, se comprueba la precisión de los transmisores de presión y caudal, comparando las lecturas con instrumentos analógicos de referencia. Durante estas pruebas también se valida la estabilidad térmica y la integridad del sistema, asegurando que los valores de presión no superen los límites establecidos por el diseño.

Proceso de pruebas FAT en el módulo hidráulico

El proceso de pruebas FAT aplicado al módulo didáctico se desarrolló en las siguientes etapas:

Inspección visual y verificación de montaje:

Se comprobó la correcta instalación mecánica de los componentes hidráulicos (bomba, cilindro, válvulas, mangueras y depósito), así como el adecuado montaje del PLC, la HMI y el cableado eléctrico, verificando la ausencia de fugas, conexiones sueltas o daños visibles.

Prueba de transmisión de presión

Los resultados obtenidos evidencian que el transmisor de presión presenta una respuesta adecuada frente a las variaciones de presión generadas en el sistema hidráulico. Se observa que los valores registrados en el PLC mantienen una correspondencia muy cercana con los valores de presión generados durante la prueba, con desviaciones mínimas propias de los instrumentos de medición. Esto confirma que el sensor se encuentra correctamente calibrado y que la

transmisión de la señal analógica hacia el sistema de control se realiza de manera estable y confiable.

Tabla 11. Verificación del transmisor de presión

Prueba	Presión generada (bar)	Señal transmitida (mA)	Valor registrado en el PLC (bar)	Margen de error
1	1	5.6	1.02	0,1%
2	2	7.2	2.01	0,1%
3	3	8.8	2.98	0,1%
4	4	10.4	4.05	0,1%
5	5	12.0	5.02	0,1%

Elaborado por: Los autores

La conversión que se utiliza es:

Tabla 12. Transmisor de presión (4 – 20 mA 2-10 V

Corriente mA	Voltaje (V)	Error 0,1%	Rango real
4 mA	2 V	0,002 V	1.998 - 2002
6 mA	4 V	0,004 V	3996 - 4004
8 mA	6 V	0,006 V	5994 - 6006
10 mA	8 V	0,008 V	7992 - 8008
12 mA	10 V	0,010 V	9.990 – 10.010

Elaborado por: Los autores

Verificación del transmisor de flujo

En la prueba realizada al transmisor de flujo se evidencia que el sensor responde adecuadamente a las variaciones del caudal dentro del circuito hidráulico del módulo. Los valores registrados en el PLC presentan una relación proporcional con el caudal generado durante cada ensayo, lo que demuestra una correcta conversión de la señal analógica y una adecuada integración del sensor con el sistema de monitoreo. Estos resultados validan el funcionamiento del sistema de medición de flujo y garantizan la confiabilidad de los datos utilizados para el análisis del comportamiento hidráulico en las prácticas de laboratorio.

Tabla 13. Verificación del transmisor de flujo

Prueba	Caudal generado (L/min)	Señal transmitida (mA)	Valor PLC (L/min)	Margen de error
1	1.5	6.4	1.47	0,2%
2	2.5	8.0	2.53	0,2%
3	3.5	9.6	3.48	0,2%
4	4.5	11.2	4.52	0,2%
5	5.5	12.8	5.57	0,2%

Elaborado por: Los autores

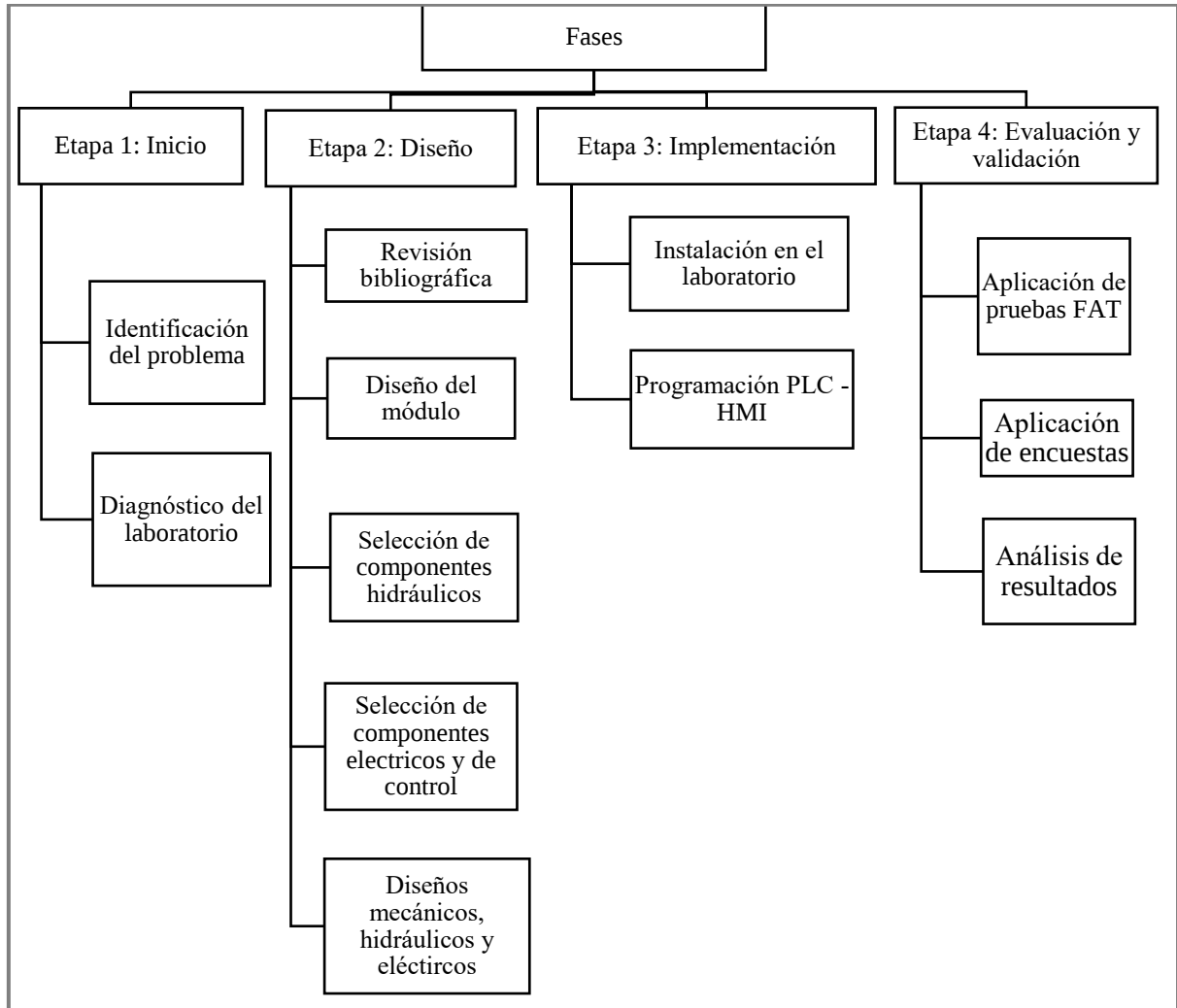
Tabla 14. Conversión (transmisor de flujo)

Corriente mA	Caudal (L/min)	Voltaje (V)	Error 0,2%	Rango real
5	0.43		0,00086	0.429 - 0.431
10	0.86		0,00172	0.858 – 0.862
15	1.29		0,00258	1.287 - 1293
20	1.73		0,00346	1.727 - 1733
25	2.16		0,00432	2.156 – 2164
30	2.59		0.00518	2.585 – 2.595
35	3.02		0.00604	3.014 – 3.026
40	3.45		0.00690	3.443 – 3.457

Elaborado por: Los autores

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En este apartado se describió los procesos metodológicos aplicado para el diseño, construcción, montaje y verificación del módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo. Se detalla ordenadamente las etapas desarrolladas, permitiendo comprender el funcionamiento del sistema, la integración de los componentes hidráulicos, eléctricos y de control, así como el aporte que representa el módulo para el mejoramiento del aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

Figura 18. Diagrama de flujo

Elaborado por: Los autores

9.1. Investigación bibliográfica

Para la investigación bibliográfica del presente proyecto se consideró el análisis de la información técnica y científica relacionada con sistemas electrohidráulicos, instrumentación industrial, transmisores de presión y caudal, y módulos didácticos aplicados a la enseñanza. Esta etapa permitió reforzar conocimientos fundamentales necesarios para el desarrollo del módulo didáctico de electrohidráulica. La recopilación de información se efectuó por medio de la consulta en libros, artículos científicos, normas técnicas, manuales de fabricantes y fuentes

digitales confiables. Los datos obtenidos sirvieron como base para la selección de componentes, el establecimiento de rangos de operación, criterios de operación, criterios de seguridad y la definición de metodologías de prueba aplicables al sistema.

9.2. Metodología de campo

Para el desarrollo de la metodología de campo se realizaron observaciones directas en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnicas de Cotopaxi, Extensión La Maná, donde se evidenció la ausencia de módulo didácticos de electrohidráulica que permitan el monitoreo de variables como presión y caudal.

Durante esta etapa se analizaron las condiciones físicas del laboratorio, la disponibilidad de servicios eléctricos y el espacio destinado para la implementación del módulo. Asimismo, se identificaron las necesidades académicas de los estudiantes en relación con la práctica de sistemas electrohidráulicos, información que permitió orientar el diseño del módulo de acuerdo con los requerimientos del entorno educativo.

9. 3. Metodología experimental

La metodología experimental se utilizó mediante la construcción y puesta en funcionamiento del módulo didáctico de electrohidráulica, lo que permitió comprobar en condiciones reales el comportamiento de los componentes del sistema. A través de la implementación de circuitos hidráulicos básicos y electrohidráulicos, se realizaron pruebas de operación para verificar la respuesta de válvulas, actuadores y sistemas de control, evaluando su desempeño, estabilidad y correcta secuencia de funcionamiento. Este proceso permitió contrastar los fundamentos teóricos con la evidencia práctica obtenida durante la experimentación.

Asimismo, se aplicó un procedimiento sistemático que incluyó el montaje del sistema, la ejecución de pruebas controladas y la observación directa de los resultados, posibilitando identificar posibles fallas, ajustes necesarios y mejoras en el diseño. La recolección de datos se efectuó mediante la observación técnica y el análisis del comportamiento del módulo bajo

diferentes condiciones de operación, garantizando así la validación funcional del prototipo y el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

9.4. Diseño y montaje de componentes

De forma previa al montaje del módulo electrohidráulico, se elaboraron los diagramas hidráulicos y eléctricos del sistema, los cuales fueron revisados y validados con la orientación del tutor. Los diagramas y simulaciones del circuito hidráulico se desarrollaron en el programa FluidSim, mientras que los esquemas eléctricos y la lógica de control del PLC se realizaron en Siemens Portal.

Después, durante el montaje del módulo, se instalaron la bomba hidráulica, las válvulas, el cilindro hidráulico, los transmisores de presión y caudal, el motor eléctrico y el tablero de control con el PLC; el cableado eléctrico se realizó de acuerdo con los esquemas diseñados, seleccionando los conductores adecuados para garantizar una conexión segura entre los dispositivos.

Asimismo, la pantalla HMI fue instalada e integrada al sistema de control, permitiendo la visualización del estado del módulo y la interacción del usuario con el proceso. Cada componente fue identificado y conectado siguiendo los diagramas previamente elaborados, lo que aseguró una correcta instalación y funcionamiento del sistema.

9.5. Identificación de requerimientos

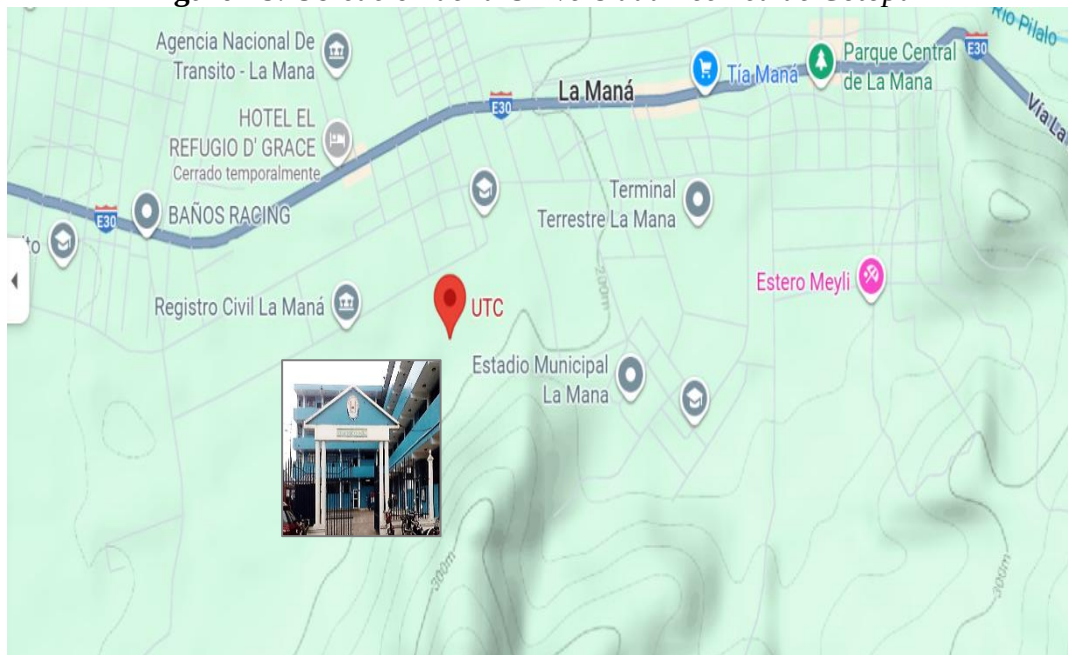
En esta etapa fueron analizados de manera detallada los requerimientos técnicos y académicos necesarios para la implementación del módulo didáctico de electrohidráulica en el Laboratorio de Electromecánica. Se definieron las funciones que debía cumplir el módulo, tales como el monitoreo de presión y caudal, la integración con sistemas de control y la posibilidad de realizar prácticas similares a entornos industriales; asimismo, se establecieron los objetivos operativos del módulo, considerando criterios de seguridad, facilidad de uso y adaptabilidad para las prácticas académicas.

9.6. Localización

El proyecto se implementó en el laboratorio de Electromecánica ubicado en el bloque correspondiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Este espacio fue seleccionado debido a que cuenta con las condiciones necesarias para el montaje y operación del módulo didáctico de electrohidráulica.

El módulo fue diseñado con fines exclusivamente didácticos, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas relacionadas con el monitoreo y control de variables hidráulicas en un entorno seguro y controlado, contribuyendo al fortalecimiento de sus conocimientos técnicos y habilidades prácticas.

Figura 19. *Ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi*



Fuente: [19]

9.7. Encuesta

Para conocer las expectativas de los estudiantes de la carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná se diseñó un cuestionario de 10 preguntas

que tratan sobre la implementación del módulo didáctico de electrohidráulica, el monitoreo de las variables de presión y caudal, la integración de sistemas eléctricos y de control:

Tabla 15. *Cuestionario*

Nº	Enunciado (en futuro)	1	2	3
1	El módulo de electrohidráulica permitirá comprender mejor la relación entre presión, caudal y fuerza.			
2	La implementación del módulo facilitará el aprendizaje práctico de los sistemas electrohidráulicos.			
3	El uso de transmisores de presión y caudal mejorará la comprensión de las variables hidráulicas.			
4	La integración del PLC permitirá un control más claro y ordenado del sistema hidráulico.			
5	El módulo permitirá analizar el comportamiento real de un sistema electrohidráulico.			
6	La instrumentación del módulo facilitará la interpretación de datos durante las prácticas de laboratorio.			
7	El uso del software de simulación ayudará a comprender el sistema antes de su implementación física.			
8	El módulo permitirá realizar pruebas técnicas similares a las utilizadas en entornos industriales.			
9	La implementación del módulo contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas en automatización y control.			
10	El módulo electrohidráulico cumplirá con los requisitos técnicos para un aprendizaje eficiente en el laboratorio.			

Elaborado por: Los autores

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. Resultados de la encuesta

Pregunta	Análisis
1. ¿El módulo de electrohidráulica permitirá comprender mejor la relación entre presión, caudal y fuerza?	El 82 % de los estudiantes encuestados manifestaron estar de acuerdo en que el módulo permitirá comprender mejor la relación entre presión, caudal y fuerza, mientras que el 18 % señaló que su aporte sería moderado.
2. ¿La implementación del módulo facilitará el aprendizaje práctico de los sistemas electrohidráulicos?	El 76 % de los participantes indicó que la implementación del módulo facilitará el aprendizaje práctico, en tanto que el 24 % expresó que el impacto podría ser parcial.
3. ¿El uso de transmisores de presión y caudal mejorará la comprensión de las variables hidráulicas?	El 88 % de los estudiantes afirmó que los transmisores de presión y caudal mejorarán la comprensión de las variables hidráulicas, mientras que el 12 % consideró que el beneficio sería medio.
4. ¿La integración del PLC permitirá un control más claro y ordenado del sistema hidráulico?	El 79 % de los encuestados estuvo de acuerdo en que la integración del PLC permitirá un control más claro del sistema, y el 21 % manifestó una percepción intermedia.
5. ¿El módulo permitirá analizar el comportamiento real de un sistema electrohidráulico?	El 85 % de los estudiantes consideró que el módulo permitirá analizar el comportamiento real del sistema, mientras que el 15 % indicó que solo lo hará en determinadas condiciones.
6. ¿La instrumentación del módulo facilitará la interpretación de datos durante las prácticas de laboratorio?	El 90 % de los participantes señaló que la instrumentación facilitará significativamente la interpretación de datos, en tanto que el 10 % manifestó que el aporte sería moderado.
7. ¿El uso del software de simulación ayudará a comprender el sistema antes de su implementación física?	El 74 % afirmó que el software de simulación permitirá comprender el sistema antes de su implementación, mientras que el 26 % expresó una valoración intermedia.
8. ¿El módulo permitirá realizar pruebas técnicas similares a las utilizadas en entornos industriales?	El 70 % de los estudiantes manifestó que el módulo permitirá realizar pruebas similares a las industriales, y el 30 % consideró que esto se lograría parcialmente.

9. ¿La implementación del módulo contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas en automatización y control?	El 92 % de los encuestados indicó que el módulo contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas, mientras que el 8 % expresó una opinión moderada.
10. ¿El módulo electrohidráulico cumplirá con los requisitos técnicos para un aprendizaje eficiente en el laboratorio?	El 84 % de los estudiantes consideró que el módulo cumplirá con los requisitos técnicos necesarios, en tanto que el 16 % señaló que el cumplimiento sería parcial.

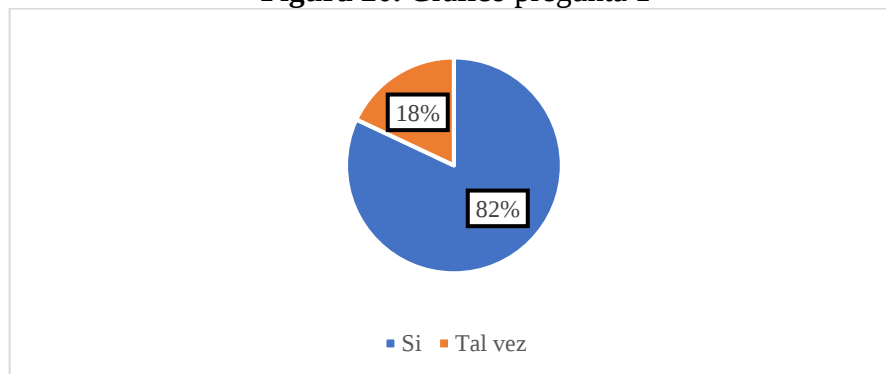
Fuente: Los autores

1. ¿El módulo de electrohidráulica permitirá comprender mejor la relación entre presión, caudal y fuerza?

Tabla 16. Pregunta 1

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	41	82%
Tal vez	9	18%
Totales	50	100%

Figura 20. Gráfico pregunta 1



Análisis e interpretación: De acuerdo al 82% de encuestados señaló que el módulo de electrohidráulica permitirá comprender mejor la relación entre presión, caudal y fuerza, mientras que el 18% señaló que tal vez; se aprecia una percepción positiva entre la mayoría de estudiantes de la carrera de Electromecánica, respecto a la implementación del módulo didáctico.

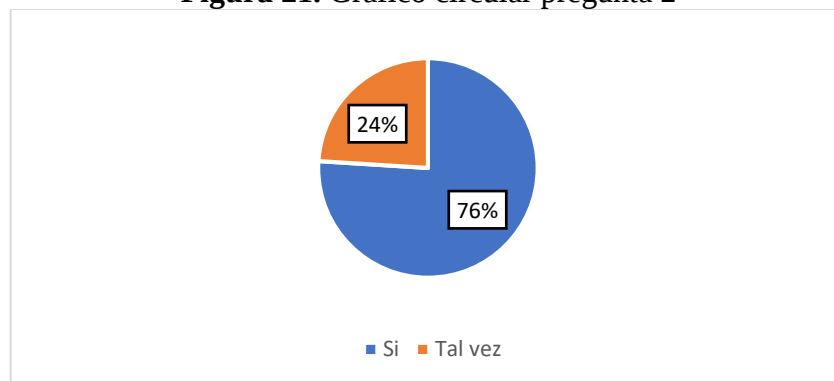
2. ¿La implementación del módulo facilitará el aprendizaje práctico de los sistemas electrohidráulicos?

Tabla 17. Pregunta 2

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	38	76%
Tal vez	12	24%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 21. Gráfico circular pregunta 2



Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

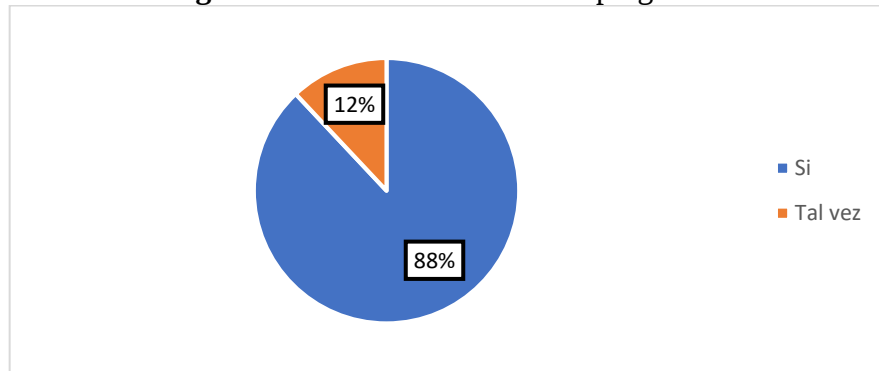
Análisis e interpretación: Según lo mencionado por el 76% de encuestados la implementación del módulo facilitará el aprendizaje práctico de los sistemas electrohidráulicos, por su parte el 24% contestó que tal vez. Los resultados indican que la proporción mayoritaria de estudiantes considera que esta iniciativa aportaría al mejoramiento de sus competencias técnicas y operativas en el manejo de sistemas electrohidráulicos.

3. ¿El uso de transmisores de presión y caudal mejorará la comprensión de las variables hidráulicas?

Tabla 18. Respuestas pregunta 3

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	44	88%
Tal vez	6	12%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 22. Gráfico circular de la pregunta 3

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

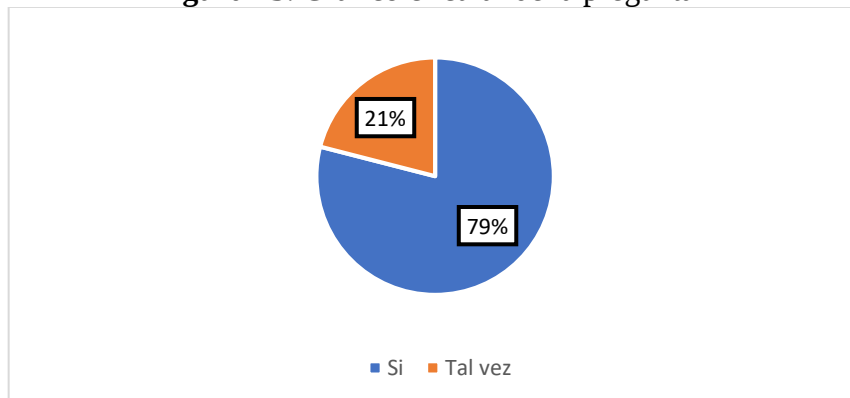
Según el 88% el uso de transmisores de presión y caudal si mejoraría la comprensión de las variables hidráulicas, por su parte el 12% contestó que tal vez. Los porcentajes indican que la proporción mayoritaria de estudiantes coincide en que la incorporación de estos elementos contribuiría notablemente al fortalecimiento de la comprensión de las variables hidráulicas posibilitando la observación y medición directa de estos parámetros durante las prácticas, eso facilitaría la interpretación de los fenómenos físicos involucrados.

4. ¿La integración del PLC permitirá un control más ordenado del sistema hidráulico?

Tabla 19. Respuestas de la pregunta 4

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	39	79%
Tal vez	11	21%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 23. Gráfico circular de la pregunta 4

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Análisis e interpretación: Según lo mencionado por el 88% de encuestados la integración del PLC si permitirá un control más claro y ordenado del sistema hidráulico, por su parte el 12% contestó que tal vez. Los resultados obtenidos reflejaron que la mayoría de estudiantes consultados percibe que la incorporación del PLC optimizaría el control y la organización del sistema hidráulico, al permitir una programación estructurada y automatización precisa.

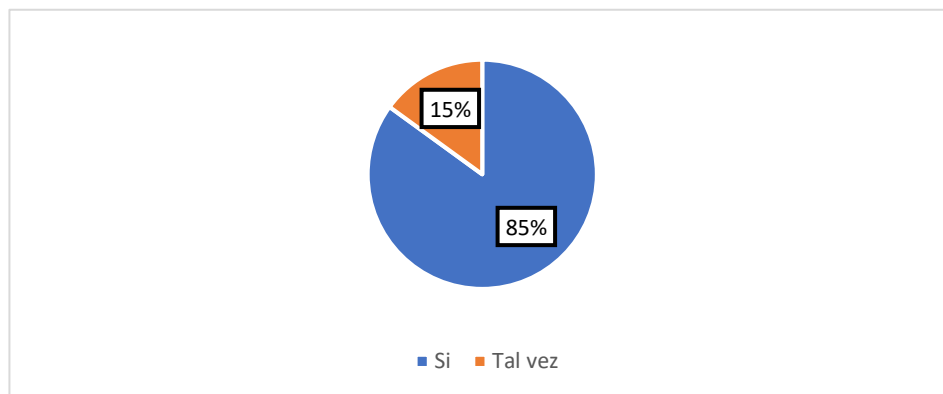
5. ¿El módulo permitirá analizar el comportamiento real de un sistema electrohidráulico?

Tabla 20. Respuestas de la pregunta 5

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	42	85%
Tal vez	8	15%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 24. Gráfico circular de la pregunta 5



Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Análisis e interpretación: Según lo mencionado por el 85% la incorporación del módulo si permitirá analizar el comportamiento real de un sistema electrohidráulico, por su parte el 15% contestó que tal vez. Los porcentajes referidos, indican que la mayoría de estudiantes reconoce la importancia de esta implementación porque facilitará la observación, análisis e interpretación del comportamiento real.

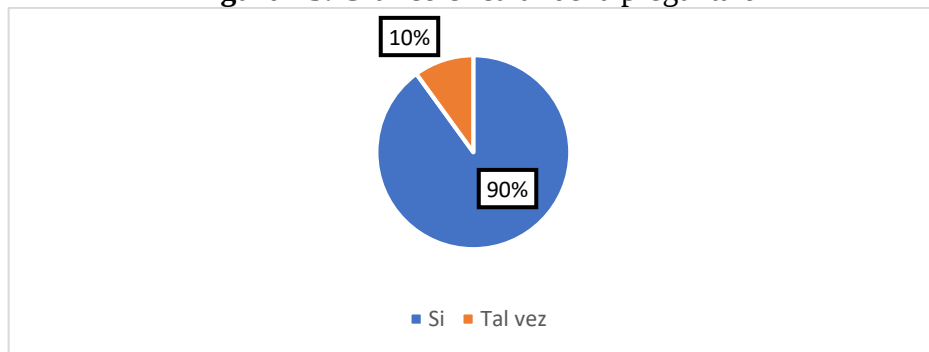
6. ¿La instrumentación del módulo facilitará la interpretación de datos durante las prácticas de laboratorio?

Tabla 21 Respuestas de la pregunta 6

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	45	90%
Tal vez	5	10%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 25. Gráfico circular de la pregunta 6



Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

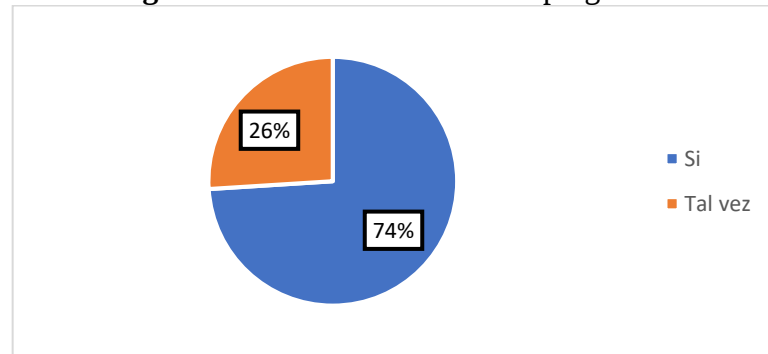
Análisis e interpretación: Según la figura adjunta el 90% afirma que la instrumentación del módulo facilitará la interpretación de datos durante las prácticas de laboratorio, por su parte el 10% señaló que tal vez. Los porcentajes evidencian una alta aceptación de los estudiantes de la carrera de Electromecánica, hacia la propuesta y una percepción mayoritariamente positiva sobre su utilidad académica.

7. ¿El uso del software de simulación ayudará a comprender el sistema antes de su implementación física?

Tabla 22. Respuestas de la pregunta 7

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	37	74%
Tal vez	13	26%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 26. Gráfico circular de la pregunta 7

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

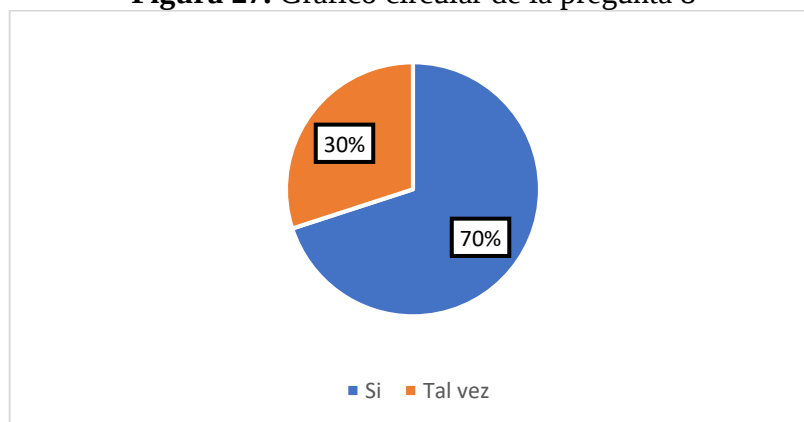
Análisis e interpretación: Según lo mencionado por el 74% el uso del software de simulación ayudará a comprender el sistema antes de su implementación física, por su parte el 26% contestó que tal vez. Los resultados de esta pregunta reflejan una valoración favorable sobre la utilidad de esta herramienta para el aprendizaje de los estudiantes dentro de la carrera de Electromecánica.

8. ¿El módulo permitirá realizar pruebas técnicas similares a las utilizadas en entornos industriales?

Tabla 23. Respuestas de la pregunta 8

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	35	70%
Tal vez	15	30%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 27. Gráfico circular de la pregunta 8

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Análisis e interpretación: Según la figura el 70% de encuestados menciona que el módulo si permitirá realizar pruebas técnicas similares a las utilizadas en entornos laborales, el 30% afirmó que tal vez. Los porcentajes indican que la mayoría de estudiantes percibe esta herramienta como un recurso útil para aprender sobre el manejo de instrumentos de medición.

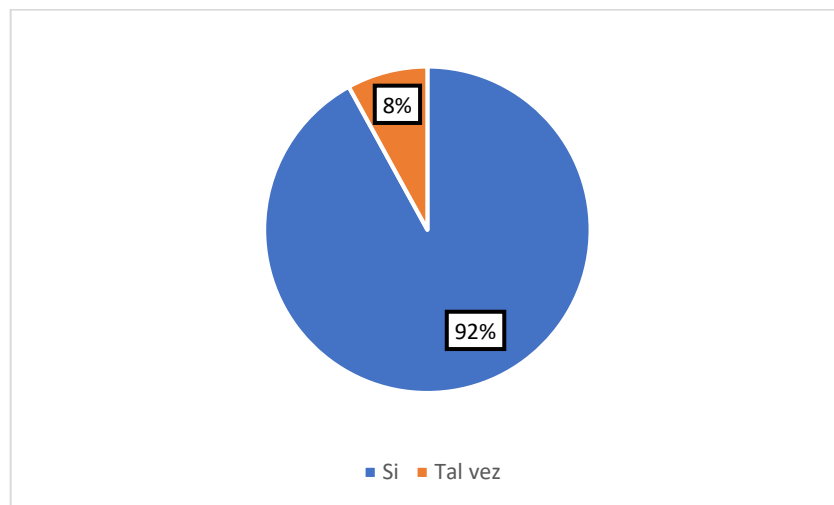
9. ¿La implementación del módulo contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas en automatización y control?

Tabla 24. Respuestas de la pregunta 9

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	46	92%
Tal vez	4	8%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 28. Gráfico circular de la pregunta 9



Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Análisis e interpretación: La implementación del módulo didáctico con transmisores contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas en automatización y control, el 8% mencionó que tal vez. Estos porcentajes indican que la mayoría de estudiantes cree que el módulo sería un recurso útil dentro de la carrera porque les permitirá aprender sobre el manejo de sistemas electrohidráulicos reales.

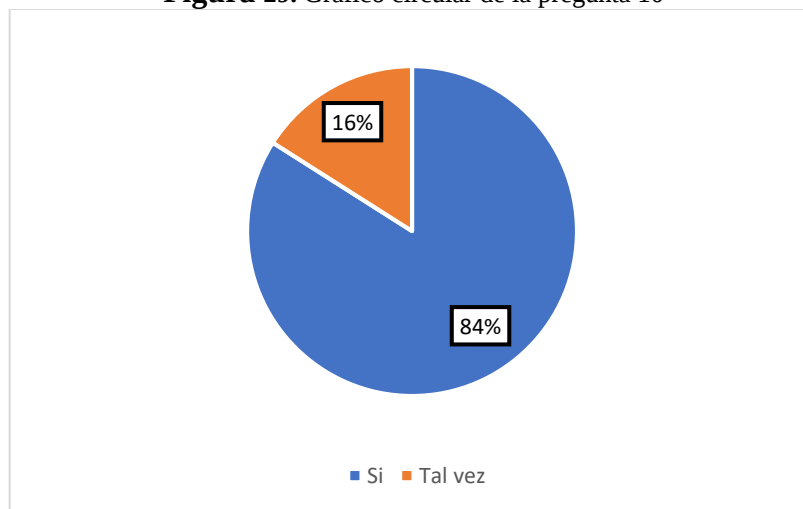
10. ¿El módulo electrohidráulico cumplirá con los requisitos técnicos para un aprendizaje eficiente en el laboratorio?

Tabla 25. Respuestas de la pregunta 10

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	42	84%
Tal vez	8	16%
Totales	50	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Figura 29. Gráfico circular de la pregunta 10



Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC La Maná, 2025

Análisis e interpretación: Según el 84% de encuestados el módulo electrohidráulico cumplirá con los requisitos técnicos para un aprendizaje eficiente en el laboratorio, el 16% contestó tal vez. Estos porcentajes evidencian un alto nivel de confianza en la funcionalidad y pertinencia del módulo, eso indica que su diseño responde a las demandas de formación técnica, al integrar componentes de automatización, control y monitoreo de variables de presión y flujo.

10.2. Elementos y materiales

El proceso de selección de los materiales se realizó en función de criterios de rigor que aseguran duración, buen funcionamiento y eficacia del módulo didáctico durante las prácticas, a continuación, se muestra a detalle:

Tabla 26. Justificación de los componentes y materiales

Elemento	Material / Tipo	Especificaciones	Razón de selección	Ventajas principales
Estructura	Acero estructural	Perfil tubular 40×40×2 mm; dimensiones aproximadas 800 × 600 × 700 mm; capacidad de carga >80 kg	Proporcionar soporte rígido para todos los componentes del sistema	Alta resistencia mecánica, estabilidad estructural, larga vida útil
Tanque hidráulico	Acero al carbono	Capacidad 5 gal (18.9 L); diámetro ≈ 200 mm; altura ≈ 300 mm; espesor 2–3 mm; conexiones 1/2"	Almacenamiento y suministro del aceite hidráulico	Disipación térmica, resistencia estructural, fácil mantenimiento
Bomba hidráulica	Aluminio y acero	Caudal 1-4 L/min; presión nominal 2900 PSI; presión máxima, 0.40 GPM a 1200 RPM, 0.59 GPM a 1800 RPM.	Generar el flujo hidráulico del sistema	Alta eficiencia volumétrica, confiabilidad y bajo mantenimiento
Motor eléctrico	Carcasa de aluminio	Potencia 1 HP (0.75 kW); voltaje 110–220 V; frecuencia 60 Hz; velocidad 1750 rpm	Accionar la bomba hidráulica	Operación estable, buena eficiencia y disponibilidad comercial
Cilindro hidráulico	Acero con vástago cromado	Tipo doble efecto; presión máxima 10 bar; carrera 150 mm; diámetro pistón 40 mm; diámetro vástago 20 mm	Convertir energía hidráulica en movimiento lineal	Fuerza aproximada ≈18 kN, precisión y durabilidad
Válvula direccional	Aleación metálica	Tipo 4/3 vías; bobina 110 V DC; presión	Controlar dirección del	Control preciso y

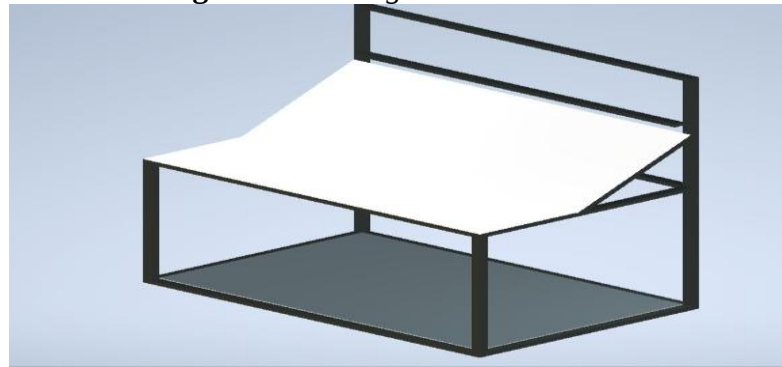
		máxima 315bar; caudal máximo 10 L/min	flujo hacia el cilindro	rápida respuesta
Válvula de alivio	Acero templado	Rango ajustable 0–10 bar; conexión 1/2"	Proteger el sistema ante sobrepresiones	Seguridad hidráulica y protección de componentes
PLC	Electrónica industrial	Alimentación 24 V DC; 8 entradas digitales; 6 salidas digitales; comunicación Ethernet / RS485; memoria programa ≥ 50 kB	Control automático de la secuencia electrohidráulica	Programación flexible, alta confiabilidad y control preciso
HMI	Pantalla táctil industrial	Pantalla 7 pulgadas; resolución 800×480 px; alimentación 24 V DC; comunicación Ethernet / Modbus	Supervisión y control del sistema por el operador	Visualización en tiempo real, operación intuitiva y monitoreo del proceso
Mangueras hidráulicas	Caucho reforzado con malla metálica	Diámetro interno 1/4"; presión de trabajo 128 MPa.	Conducir el fluido entre los componentes	Flexibilidad, resistencia a presión y fácil instalación
Racores Conectores	Acero galvanizado	Roscas 1/4", 3/8", 1/2" NPT; presión máxima 7 bar	Conexión segura del circuito hidráulico	Sellado eficiente y desmontaje rápido
Aceite hidráulico	Fluido mineral	Tipo ISO VG 32 / ISO VG 46; volumen aproximado del sistema 15–18 L	Transmisión de energía hidráulica	Lubricación, disipación térmica y protección contra desgaste

Elaborado por: Los autores

10.3. Estructura del módulo didáctico

La estructura del módulo didáctico de electrohidráulica ha sido diseñada en el software Inventor, considerando criterios de estabilidad, resistencia mecánica y facilidad de uso. El bastidor principal está conformado por perfiles metálicos que proporciona rigidez y soporte adecuado para los distintos componentes del sistema electrohidráulico. Asimismo, el diseño incorpora superficies inclinadas que facilitan la visualización y manipulación de los elementos:

Figura 30. Vista general del módulo



Fuente: Los autores

10.3.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron para la elaboración de la estructura del módulo didáctico fueron:

Tabla 27. Materiales

Material	Especificación	Cantidad	Elemento	Justificación
Perfil tubular (Tubo cuadrado)	$3 \times 3 \times 6$ mm	3 tubos	Bastidor principal	Proporciona resistencia mecánica y estabilidad estructural para soportar los componentes del sistema.
Lámina de triplex	Espesor 4mm – 6mm	1 plancha	Panel de montaje	Permite fijar válvulas, sensores y elementos de control de forma segura.
Pernos y tornillos de acero	M8–M10	16 unidades	Elementos de fijación	Aseguran el montaje firme de los componentes y facilitan el mantenimiento.
Pintura anticorrosiva	Recubrimiento protector	1 aplicación	Protección de la estructura	Evita la corrosión y prolonga la vida útil del módulo.

Fuente: Los autores

Tabla 28. Medidas de la estructura

Nº	Descripción de la medida	Dimensión (mm)
1	Altura total del módulo	1881,23 mm
2	Ancho frontal del módulo	1168,00 mm
3	Profundidad total (vista isométrica)	1629,27 mm
4	Ancho inferior del módulo	800,00 mm
5	Altura del mueble inferior (estructura base)	940,00 mm
6	Altura total hasta cubierta inclinada	998,74 mm
7	Altura del panel superior (soporte posterior)	449,02 mm
8	Altura del soporte del panel inclinado	211,14 mm
9	Espesor / altura del marco superior	61,03 mm
10	Altura de la inclinación frontal del panel	406,42 mm
11	Altura lateral de la tapa superior	773,26 mm
12	Profundidad superior del módulo	998,15 mm
13	Profundidad inferior inclinada	735,23 mm
14	Profundidad de la base inferior	762,23 mm
15	Ángulo de inclinación del panel frontal	46,08°
16	Distancia superior desde borde posterior	30,00 mm

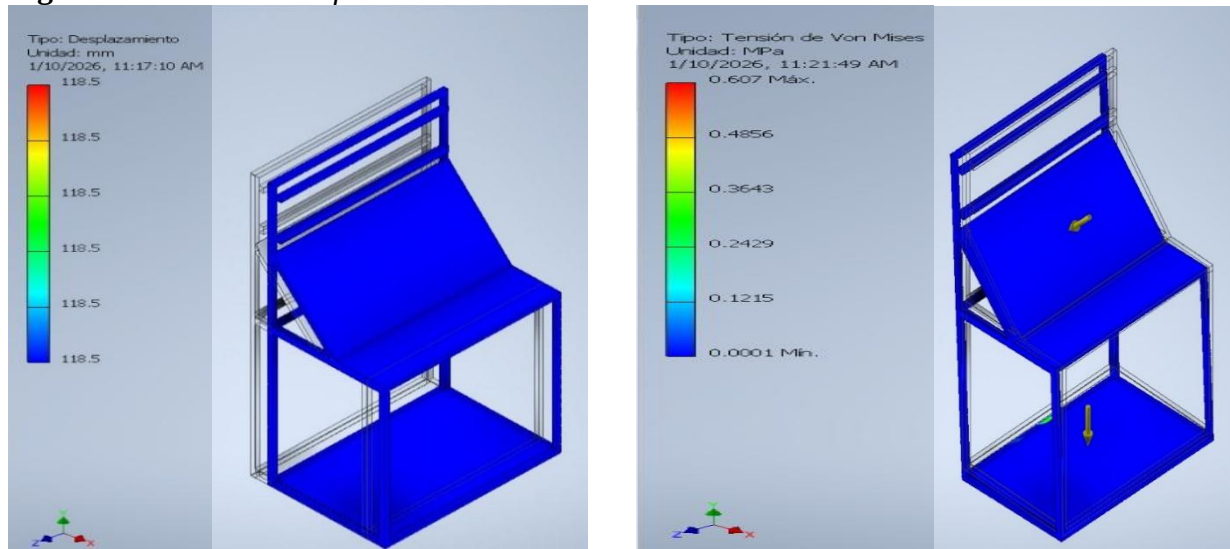
Fuente: Los autores

Los resultados del análisis estructural muestran que la estructura del módulo didáctico trabaja dentro de condiciones seguras, con un desplazamiento máximo de 118,5 mm y una tensión equivalente de Von Mises máxima de 0,607 MPa, valores significativamente inferiores a los límites admisibles del material. Asimismo, la acumulación de tolerancias de 267,692 mm se mantiene dentro de los parámetros de diseño, garantizando la estabilidad y el correcto funcionamiento del módulo.

Tabla 29. Análisis de esfuerzos

Nº	Tipo de análisis estructural	Parámetro evaluado	Valor obtenido	Interpretación técnica
1	Análisis estático	Desplazamiento máximo	118,5 mm	El desplazamiento se presenta en las zonas superiores de la estructura, sin afectar la estabilidad ni el correcto funcionamiento del módulo.
2	Análisis estático	Tensión equivalente de Von Mises (máx.)	0,607 MPa	El esfuerzo generado es considerablemente menor al límite elástico del material estructural, garantizando un diseño mecánicamente seguro.
3	Análisis dimensional	Acumulación de tolerancias	267,692 mm	El valor se mantiene dentro de los límites de diseño establecidos, asegurando correcta alineación y rigidez estructural.
4	Análisis estructural	Tipo de carga aplicada	Carga estática distribuida	La carga representa el peso propio del módulo y de los componentes hidráulicos y eléctricos instalados.

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Análisis de esfuerzos

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones de la estructura del módulo didáctico, las cuales fueron definidas en función del diseño mecánico y de los requerimientos de montaje de los componentes electrohidráulicos.

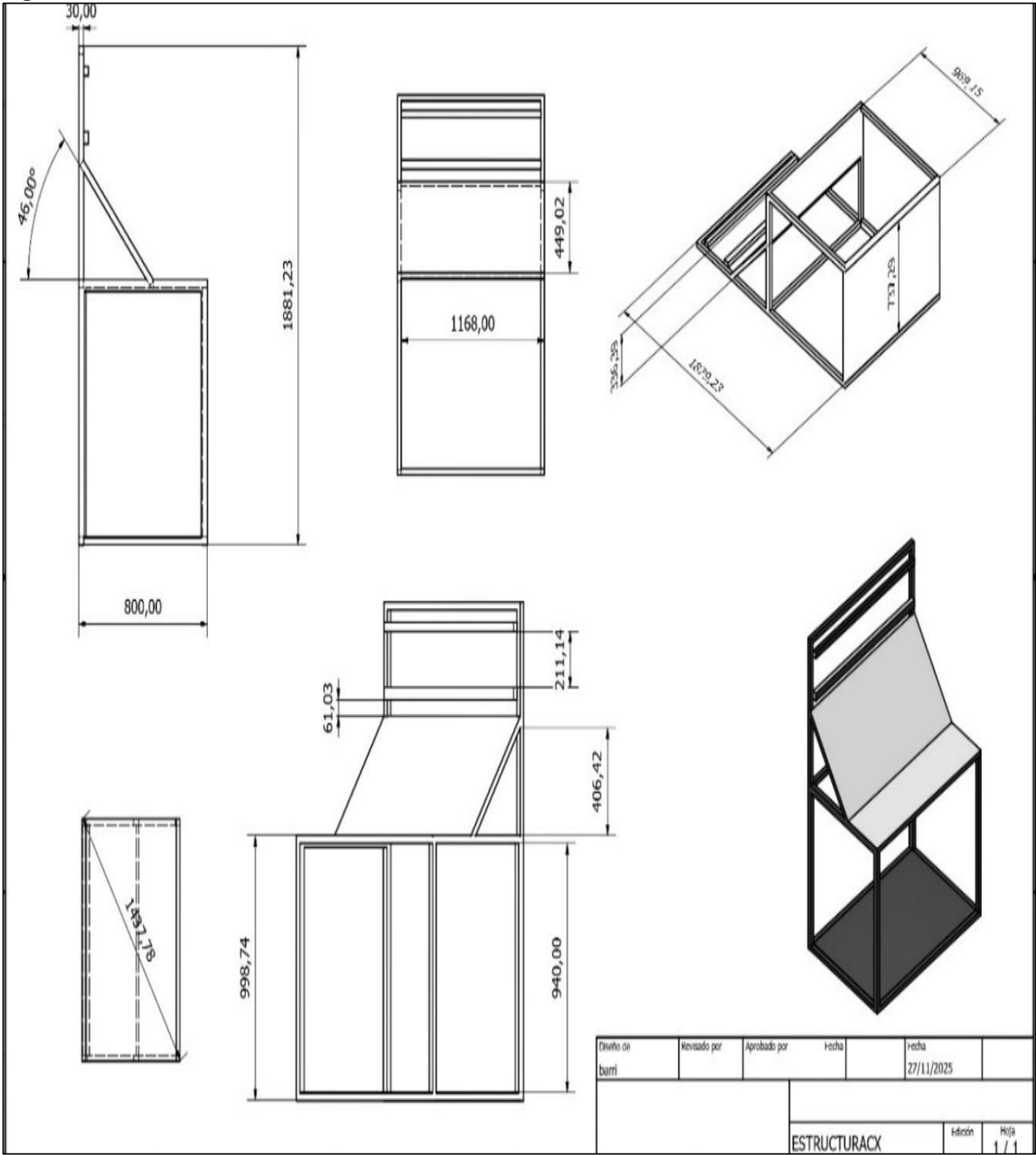
10.3. Planos del módulo

Los planos del módulo didáctico, presentan el diseño estructural del bastidor metálico que soporta todos los componentes hidráulicos, eléctricos y electrónicos del sistema hidráulico. La estructura fue diseñada considerando criterios de rigidez, estabilidad y seguridad para el uso continuo en prácticas de laboratorio.

El bastidor está conformado por un marco principal fabricado en tubo cuadrado de acero galvanizado de 38x38 x2 mm, el cual constituye la base portante del módulo, perfiles rectangulares de 80x40x1,5 mm utilizados como soportes secundarios para el montaje del motor, bomba hidráulica, tablero y panel inclinado frontal. Todas las uniones estructurales son soldadas mediante proceso MIG garantizando resistencia mecánica y larga vida útil.

La estructura tiene una altura total de 1881,23 mm dimensiones que permiten una adecuada distribución de los componentes y fácil acceso. El mueble inferior tiene una altura de 940 mm, proporcionando una base estable para la unidad de potencia hidráulica, mientras que el panel superior inclinado, con un ángulo de 46,08°, facilita la visualización y manipulación de los instrumentos. Dispone de refuerzos laterales y travesaños horizontales, permiten soportar un peso superior a 250 kg sin comprometer la integridad mecánica.

Figura 32. Planos del módulo



Fuente: Los autores

10.4. Cálculo y dimensionamiento del sistema hidráulico

Caudal requerido del sistema

El caudal hidráulico es un parámetro fundamental para el dimensionamiento del sistema electrohidráulico, ya que permite determinar la cantidad de fluido que circula por el circuito en un determinado intervalo de tiempo. Este valor es importante para justificar la selección de la bomba hidráulica, la velocidad de desplazamiento del cilindro y el rango de operación del sensor de flujo utilizado en el módulo.

Comparación entre el caudal del sistema y el caudal medido por el sensor

El módulo electrohidráulico cuenta con un sensor de flujo, el cual permite medir el caudal real del fluido que circula por el circuito hidráulico. La comparación entre el caudal teórico del sistema y el caudal medido permite analizar el comportamiento del sistema y detectar posibles variaciones durante su operación.

Caudal teórico

$$Q = 0.56 \times 3,78541$$

$$Q = 2,1198 \text{ L/min}$$

El caudal teórico corresponde a **2,12 L/min.**

Caudal medido

El sensor de flujo instalado en el módulo electrohidráulico registra un caudal de 2400 cc/min. Para expresar este valor en litros por minuto se utiliza la relación:

$$1000 \text{ cc} = 1 \text{ litro}$$

Por lo tanto:

$$Q = \frac{2400}{1000}$$

$$Q = 2,4 \text{ L/min}$$

El caudal medido a través del sensor es de **2,4 L/min.**

Cálculo de la diferencia de caudal

La diferencia entre ambos valores se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta Q = Q_{\text{sensor}} - Q_{\text{teórico}}$$

$$\Delta Q = 2,4 - 2,12$$

$$\Delta Q = 0,28 \text{ L/min}$$

Tabla 30. Comparación de caudal

Parámetro	Valor
Caudal teórico del sistema	2,12 L/min
Caudal medido por sensor	2,4 L/min
Diferencia entre caudal	0,28 L/min

Elaborado por: Los autores

Conversión de unidades utilizadas en el módulo electrohidráulico

Durante el análisis del funcionamiento del módulo electrohidráulico implementado en el presente proyecto, fue necesario realizar conversiones entre diferentes unidades de medida utilizadas en los instrumentos de medición del sistema. Estas conversiones permiten interpretar adecuadamente los valores de caudal y presión obtenidos durante la operación del módulo y facilitan la comparación entre los valores teóricos y los valores registrados por los sensores instalados en el sistema.

Conversión de caudal

Para facilitar la interpretación de los valores de caudal obtenidos en el módulo electrohidráulico, se presenta la conversión entre las unidades de litros por minuto (L/min) y galones por minuto (gal/min). En la Tabla 21 se muestran los valores correspondientes al caudal teórico del sistema y al caudal medido por el sensor de flujo, expresados en ambas unidades de medida.

Tabla 31. Conversión de unidades de caudal del módulo electrohidráulico

Parámetro	Valor en L/min	Conversión	Valor en gal/min
Caudal teórico	2.12 L/min	$\times 0.264$	0.56 gal/min
Caudal medido	2.40 L/min	$\times 0.264$	0.63 gal/min
Diferencia de caudal	0.28 L/min	$\times 0.264$	0.07 gal/min

Elaborado por: Los autores

Conversión de presión

Para el análisis de la presión dentro del sistema hidráulico del módulo, es necesario considerar diferentes unidades de medida utilizadas en instrumentación industrial. En la Tabla adjunta se presentan las equivalencias entre bar, PSI y megapascuales (MPa), las cuales permiten interpretar correctamente los valores registrados por el transmisor de presión instalado en el sistema.

Tabla 32. Conversión de unidades de presión utilizadas en el módulo electrohidráulico

Unidad	Equivalencia
1 bar	14.5 PSI
1 PSI	0.0689 bar
1 MPa	10 bar

Elaborado por: Los autores

Cálculo de la potencia hidráulica (Ph)

Presión de trabajo:

Fórmula

$$P = 20 \text{ bar} = 2 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Fórmula de la potencia hidráulica

$$P_h = P \times Q$$

$$P_h = (2 \times 10^6) \cdot (1.67 \times 10^{-4})$$

$$P_h = 334 \text{ W} \approx 0.33 \text{ kW}$$

Como el sistema trabaja en prácticas y no siempre a presión máxima, el uso de un motor entre 0.5 y 1 HP es adecuado, suficiente para el funcionamiento del módulo hidráulico en prácticas de laboratorio.

Velocidad para el desplazamiento del cilindro

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{1.67 \times 10^{-4}}{0.00196}$$

$$v = 0.085 \text{ m/s} \approx 2.9 \text{ s}$$

Tiempo muy cercano al obtenido en la simulación FluidSim (2.5 s).

Selección del rango del transmisor de caudal

Caudal máximo del sistema:

$$Q_{max} = 10L / min$$

Por seguridad y expansión futura se recomienda:

Transmisor de 0-16L/min o 0- 20 L/min salida estándar 4-20 Ma

Selección del transmisor de presión

Presión máxima del sistema:

- Diseño 20 bar
- Trabajo normal: 20 bar

Se selecciona transmisor:

- Rango: 0-20 bar
- Salida: 4-20 mA

Esto protege al sensor de picos de presión.

Cálculo del consumo de energía eléctrica del motor

En el proyecto se selecciona un motor trifásico de aproximadamente:

$$P_{motor} = 2 HP$$

Conversión a watts:

$$2 HP = 2 \times 746 = 1492 W$$

Considerando un rendimiento promedio del motor del 85%

$$P_{real} = \frac{1492}{0.85} = 1755 W \approx 1.76 kW$$

Esto representa el consumo aproximado del sistema durante operación continua.

Cálculo de la corriente del motor trifásico

Para una red trifásica de laboratorio de 220 V

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Suponiendo

Factor de potencia $\cos \varphi = 0.85$

$$I = \frac{1755}{1.73 \times 220 \times 0.85}$$

$$I = \frac{1755}{323.6} \approx 5.4 \text{ A}$$

Dimensionamiento del interruptor y relé térmico

Con corriente normal de 5.4 A se selecciona:

- Relé térmico regulable: 5-8 A
- Interruptor termomagnético trifásico: 10 A

Esto garantiza protección sin disparos innecesarios.

Cálculo del volumen de aceite requerido para el sistema

Este cálculo justifica el tamaño mínimo del tanque hidráulico:

Datos del cilindro:

- **Diámetro del pistón:** $d = 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$
- **Carrera promedio:** $L = 0.25 \text{ m}$

Área del pistón

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.00196 \text{ m}^2$$

Volumen necesario para un avance completo

$$V = A \cdot L$$

$$V = 0.00196 \times 0.25 = 0.00049 \text{ m}^3$$

Conversión a litros:

$$V = 0.00196 \times 1000 = 0.49 \text{ L}$$

Es decir, el cilindro requiere aproximadamente:

0.5 litros por carrera

10.5. Lista de materiales

Los materiales seleccionados para la implementación del módulo didáctico son:

- **Bomba hidráulica**

La bomba hidráulica es el elemento encargado de transformar la energía mecánica suministrada por el motor eléctrico en energía hidráulica, generando el caudal necesario para el funcionamiento del sistema. En el módulo didáctico se emplea una bomba de desplazamiento fijo, adecuada para aplicaciones educativas debido a su simplicidad, confiabilidad y fácil mantenimiento. Su función principal es garantizar un flujo constante de fluido hidráulico hacia el circuito, permitiendo el accionamiento controlado de válvulas y actuadores [17].

- **Motor eléctrico**

El motor eléctrico proporciona la energía mecánica requerida para el accionamiento de la bomba hidráulica. Se utiliza un motor bifásico por su eficiencia, estabilidad operativa y capacidad de trabajo continuo. En el módulo, el motor está acoplado directamente a la bomba, asegurando una transmisión eficiente de potencia y facilitando el análisis del consumo energético y del comportamiento electromecánico del sistema [18].

- **Cilindro hidráulico de doble efecto**

El cilindro hidráulico de doble efecto es el actuador principal del sistema y se encarga de convertir la energía hidráulica en movimiento mecánico lineal. Este tipo de cilindro permite el desplazamiento tanto en el avance como en el retroceso mediante la acción del fluido a presión en ambas cámaras. En el módulo didáctico, su utilización permite analizar variables como fuerza, velocidad, presión y caudal, fundamentales en el estudio de la electrohidráulica [9].

- **Válvulas hidráulicas**

Las válvulas hidráulicas controlan la dirección, el caudal y la presión del fluido dentro del circuito. En el módulo se emplean válvulas direccionales accionadas eléctricamente (electroválvulas), válvulas reguladoras de caudal y válvulas de alivio. Estos elementos permiten configurar distintos circuitos hidráulicos, proteger el sistema frente a sobrepresiones y regular la velocidad del actuador, favoreciendo la comprensión práctica del control hidráulico.

- **Electroválvulas**

Las electroválvulas son dispositivos electrohidráulicos que convierten señales eléctricas en acciones mecánicas sobre el flujo del fluido. Funcionan mediante solenoides que, al ser energizados, permiten o bloquean el paso del aceite hacia el actuador. En el módulo didáctico, las electroválvulas facilitan la integración entre la electrónica y la hidráulica, permitiendo automatizar el movimiento del cilindro y simular aplicaciones industriales reales [6].

- **Transmisores de presión**

Los sensores y transmisores de presión permiten medir la presión del fluido hidráulico en puntos específicos del circuito y convertir esta variable física en una señal eléctrica estandarizada, generalmente de 4–20 mA. En el módulo, estos dispositivos posibilitan el monitoreo en tiempo real de la presión, el análisis del comportamiento del sistema y la validación de los principios teóricos relacionados con la fuerza hidráulica y la ley de Pascal [1].

En la tabla se presenta las especificaciones técnicas del transmisor de presión utilizado en el sistema: opera con una alimentación eléctrica entre 10 y 36 VDC, que le permite funcionar en diferentes sistemas de control industrial. El transmisor tiene un rango de medición de 0 a 10 bar, equivalente aproximadamente a 0 a 145 PSI, permitiendo monitorear presiones dentro de ese intervalo. La señal de salida es de 4 a 20 mA en configuración de dos hilos, un estándar utilizado en instrumentación industrial por su estabilidad y resistencia al ruido eléctrico; tiene una conexión de proceso de 1/4" NPT, que facilita su instalación en sistemas hidráulicos:

Tabla 33. Especificaciones del transmisor de presión

Parámetro	Especificación
Alimentación	10 – 36 VDC
Rango de medición	0 – 10 bar
Rango equivalente	0 – 145 PSI
Tipo de señal de salida	4 – 20 mA
Tipo de conexión eléctrica	2 hilos
Tipo de conexión de proceso	1/4" NPT
Tipo de instrumento	Transmisor de presión

Elaborado por: Los autores

- **Transmisores de Flujo**

Los transmisores de caudal miden la cantidad de fluido que circula por el sistema en un determinado intervalo de tiempo. Estos dispositivos transforman el caudal hidráulico en una señal eléctrica proporcional, permitiendo su visualización y registro. En el módulo didáctico, su uso es fundamental para analizar la relación entre caudal y velocidad del actuador, así como para evaluar el rendimiento del sistema electrohidráulico [1].

La tabla presenta las especificaciones principales del sensor de caudal utilizado en el módulo didáctico de electrohidráulica, trabaja con una alimentación entre 4.5 y 24 VDC, puede trabajar con presiones de hasta 20 bar y temperaturas de 100 °C. Su estructura de latón niquelado con rosca G 1/4 facilita su instalación en el sistema hidráulico, mientras que su precisión aproximada de ± 2 % permite obtener mediciones confiables del caudal durante las prácticas y pruebas del módulo.

Tabla 34. Especificaciones del sensor de caudal

Parámetro	Especificación
Tipo de dispositivo	Sensor / transmisor de caudal
Material	Latón niquelado
Presión máxima de trabajo	20 bar
Temperatura máxima	100 °C
Alimentación eléctrica	4.5 – 24 VDC
Tipo de salida	Open Collector
Precisión de medición	± 2 %
Tipo de rosca	G 1/4
Rango de caudal aproximado	35 – 2400 cc/min

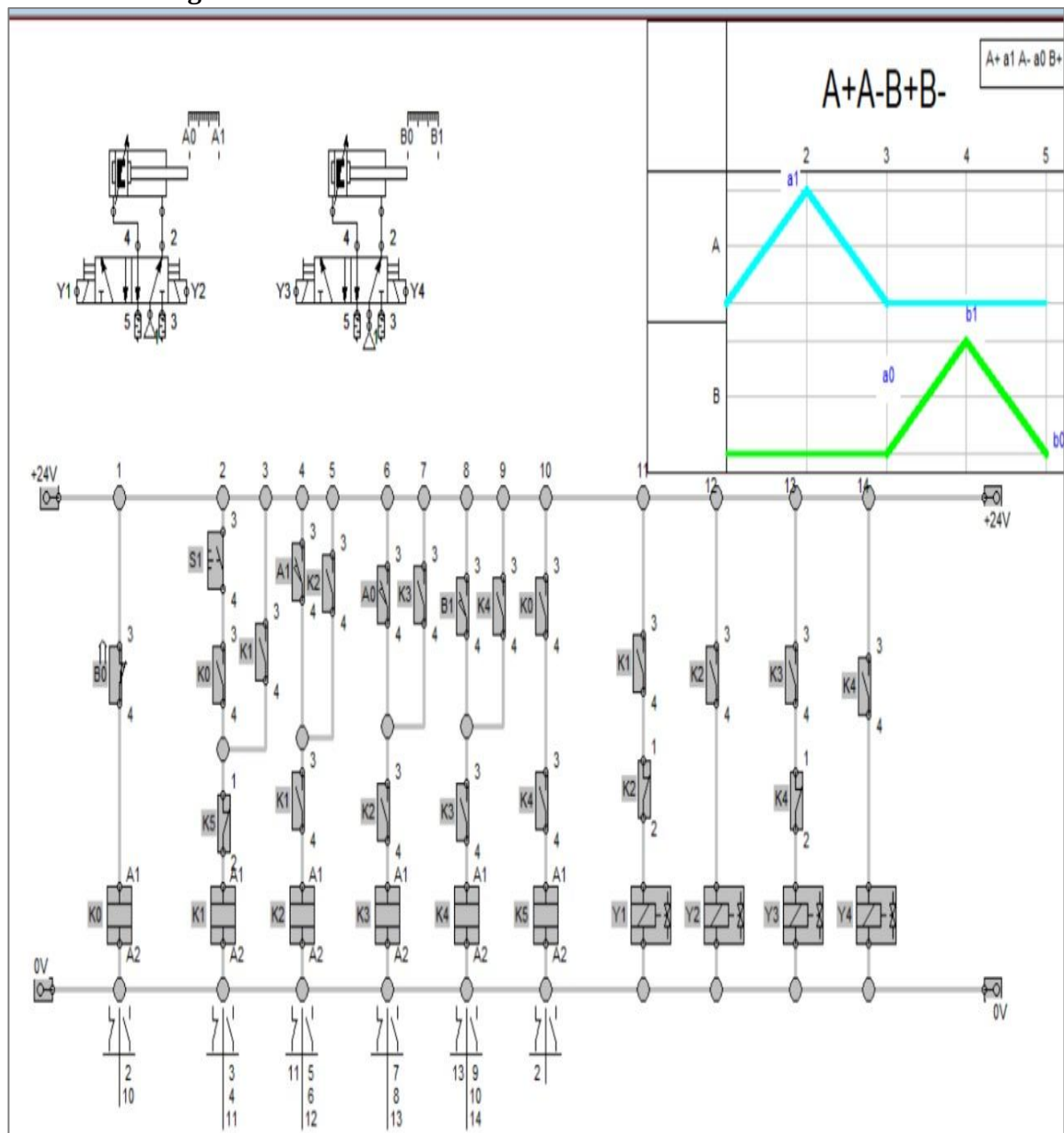
Elaborado por: Los autores

- **Controlador lógico programable (PLC)**

El PLC es el dispositivo encargado de procesar las señales provenientes de los sensores y de controlar el accionamiento de las electroválvulas, permite implementar lógicas de control simples o avanzadas, simulando procesos industriales automatizados. En el módulo didáctico,

La simulación funcional del módulo electrohidráulico desarrollado en el software FluidSim, donde se analizó el comportamiento dinámico del sistema bajo condiciones operativas definidas. En la simulación se consideró una presión máxima de 20 bar, un caudal regulado de 9 L/min y un tiempo de respuesta del actuador cercano a 2,5 s para verificar la correcta actuación de las válvulas, la estabilidad del circuito y la adecuada respuesta de los transmisores, confirmando la viabilidad funcional del módulo.

Figura 34. Simulación del sistema electrohidráulico en FluidSIM

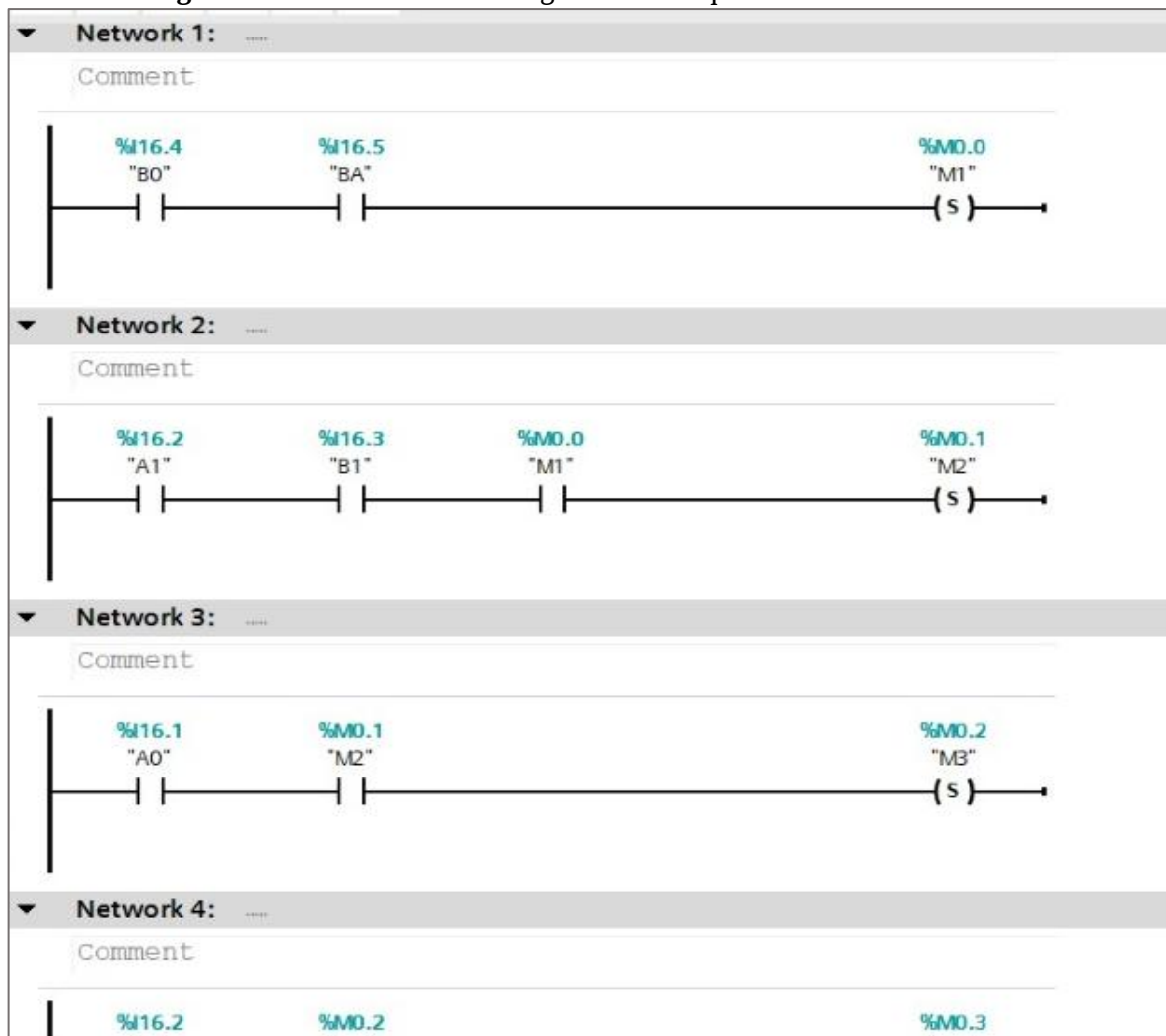


Elaborado por: Los autores

Simulación del PLC

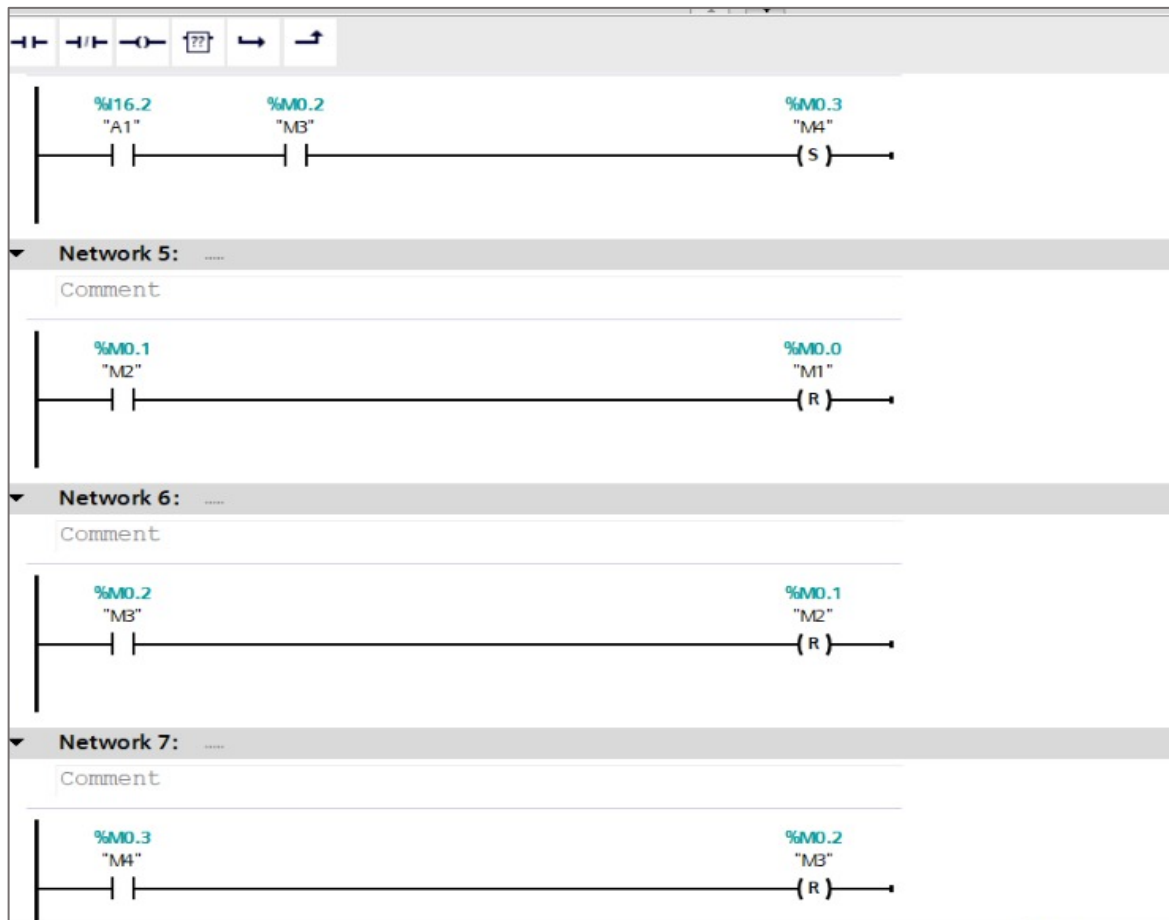
A continuación, se presentan la simulación del PLC desarrollada en TIA Portal, donde se evidencia la programación del sistema de control electrohidráulico, la secuencia lógica del funcionamiento, el manejo de memorias internas y el procesamiento de las señales analógicas provenientes de los transmisores de presión y flujo mediante los bloques de normalización y escalamiento. Cada figura representa una etapa distinta del proceso, lo que permite validar el correcto funcionamiento del sistema antes de su implementación física:

Figura 35. Simulación de la lógica de arranque del sistema en el PLC



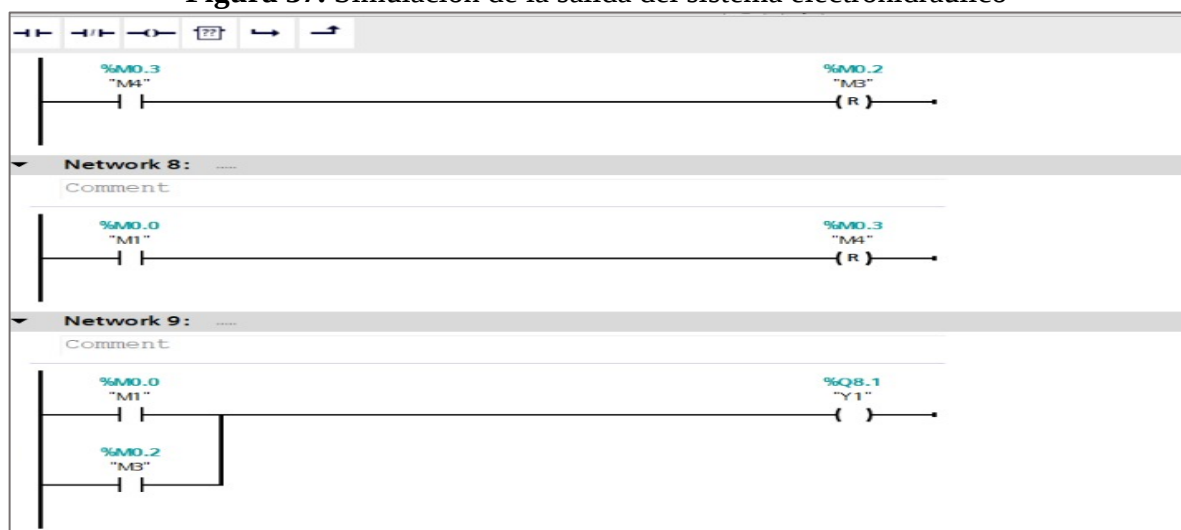
Fuente: Los autores

Figura 36. Simulación de secuencia de control del sistema electrohidráulico



Fuente: Los autores

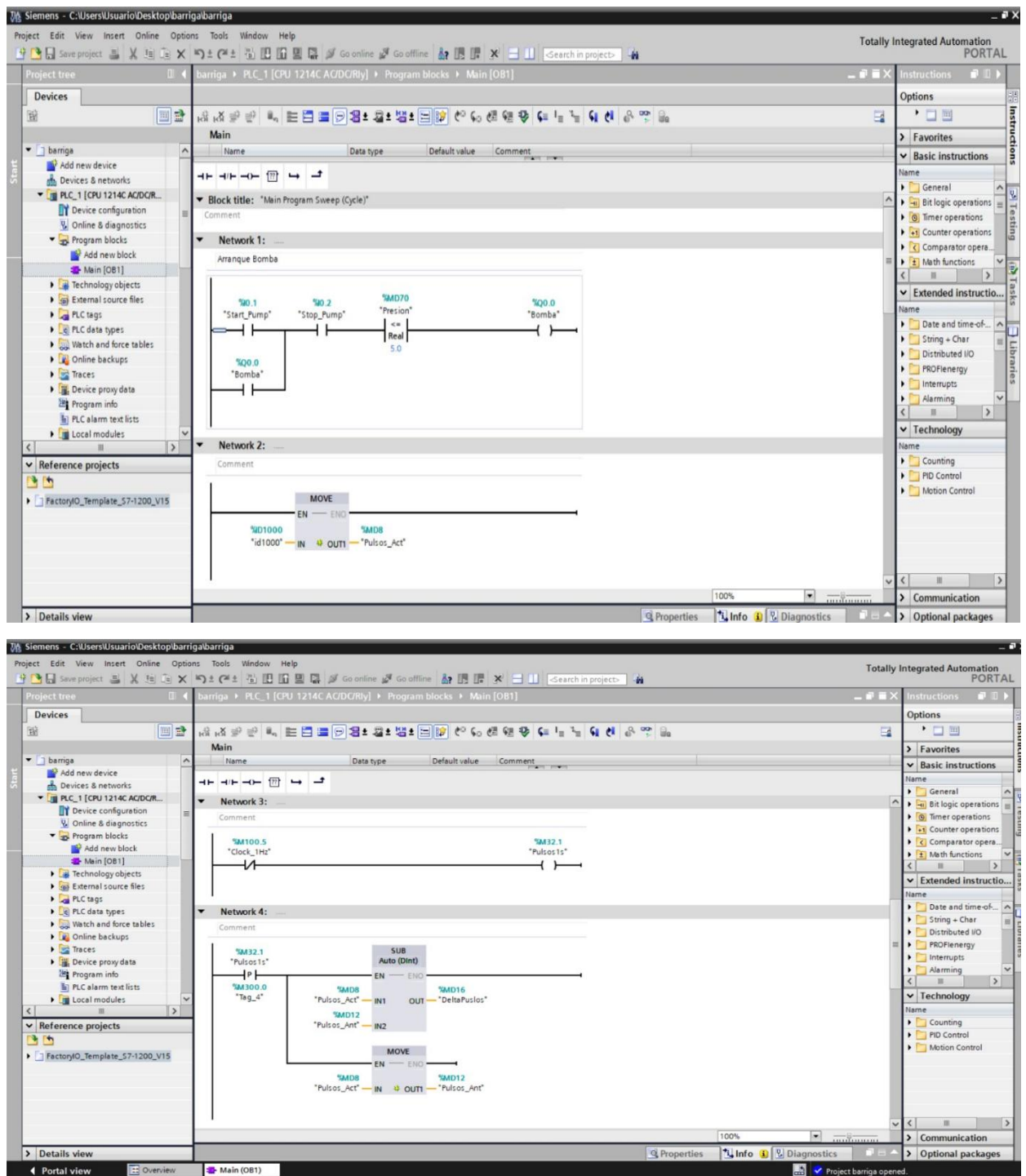
Figura 37. Simulación de la salida del sistema electrohidráulico

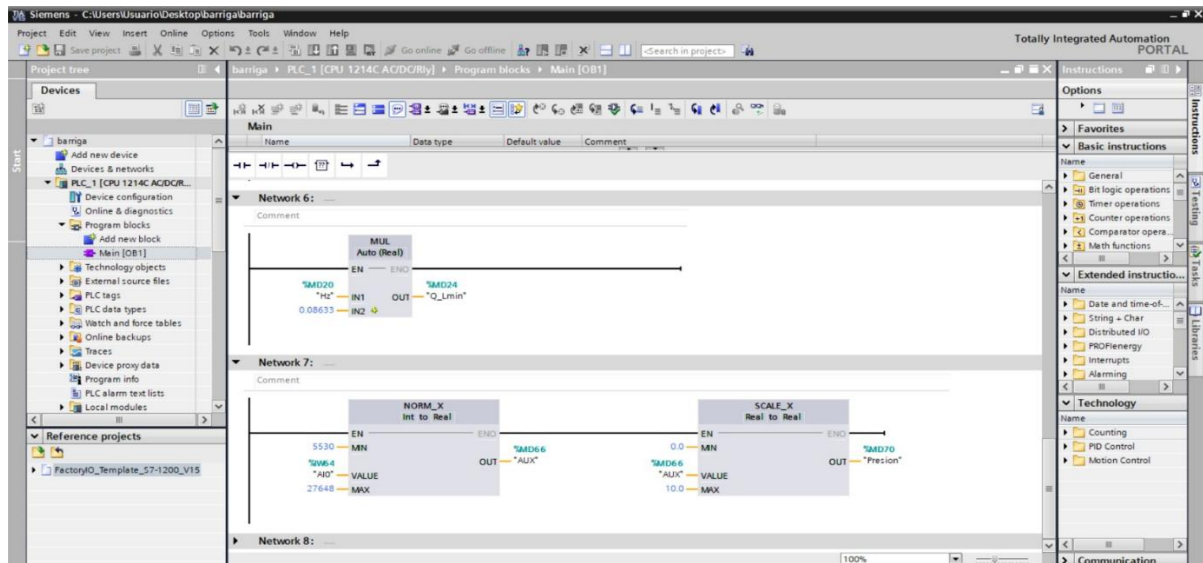


Fuente: Los autores

Programación del transmisor de flujo y presión y protección de motor al exceder 4.5 bar

Figura 38. Simulación del transmisor de flujo

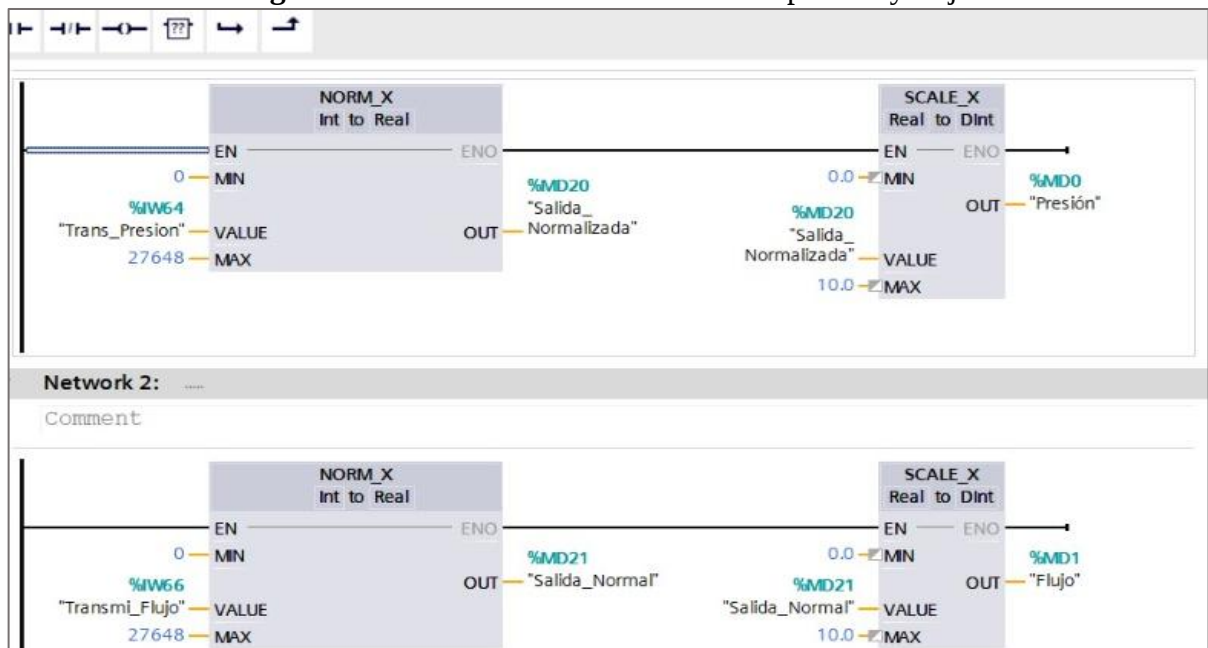




Simulación HMI

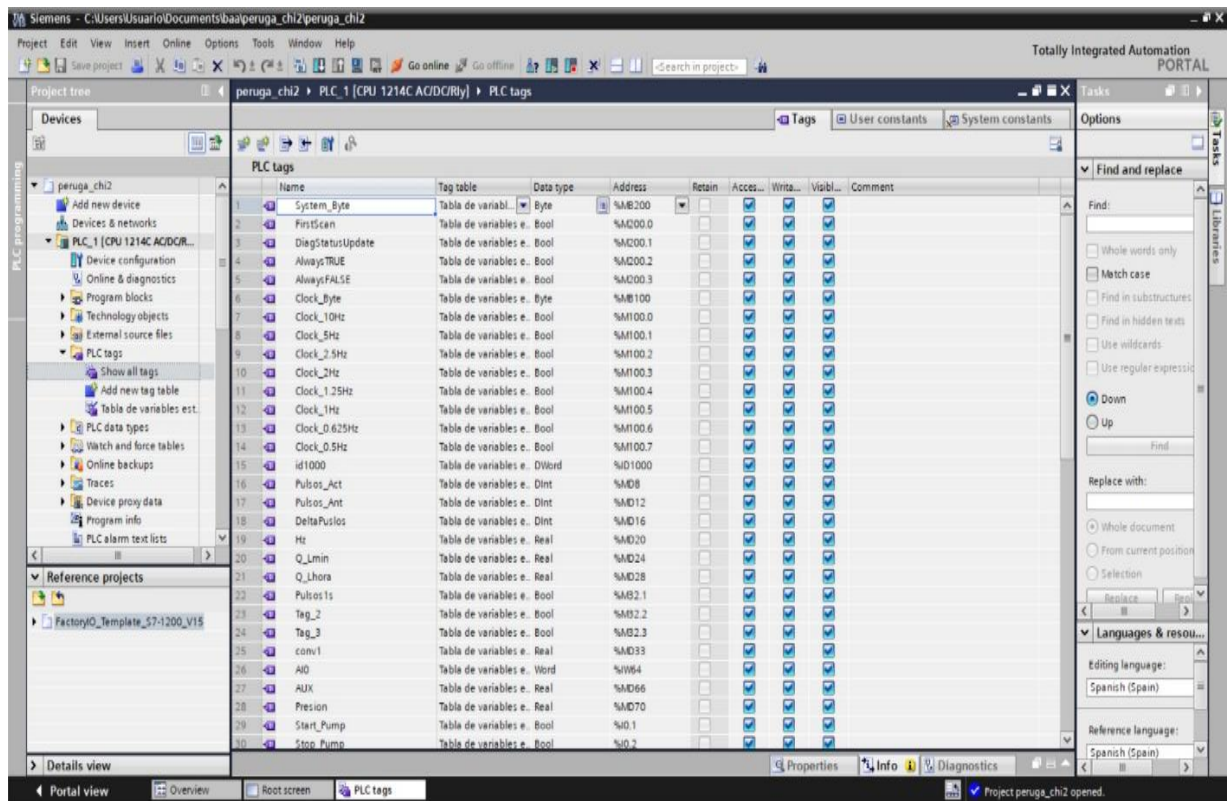
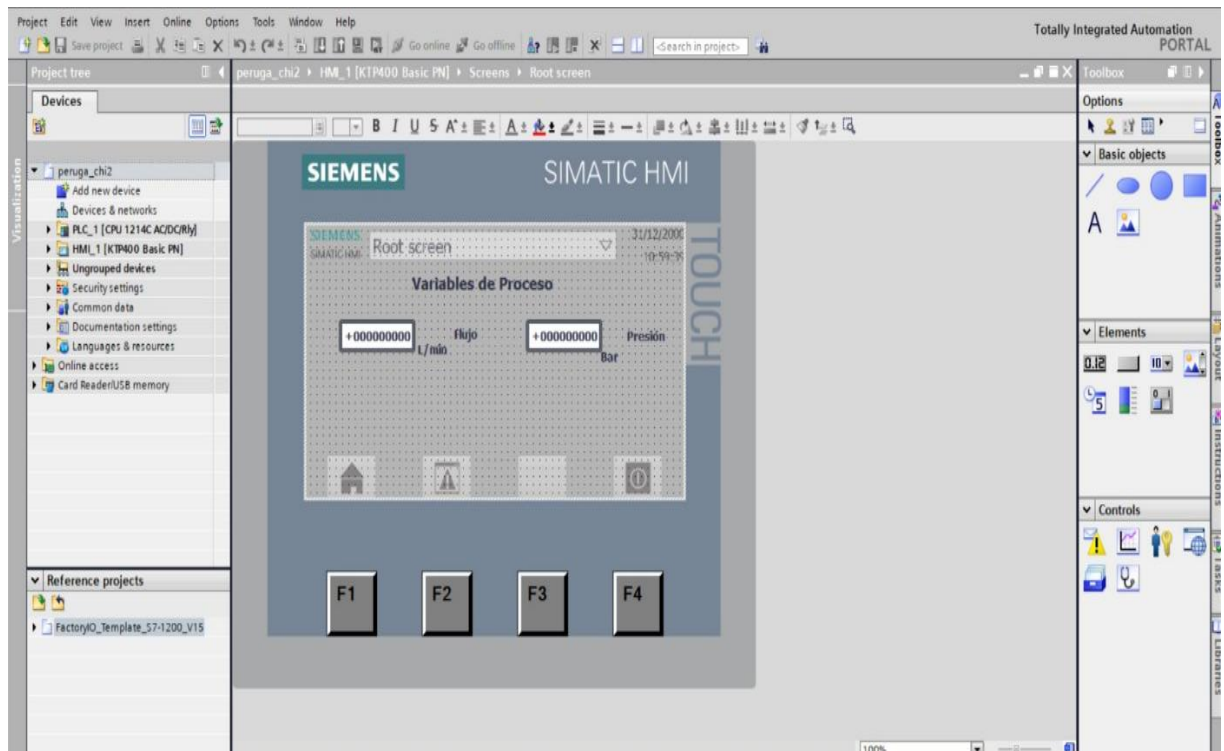
En la figura adjunta se muestra la simulación de las variables de presión y caudal visualizadas en la HMI del módulo electrohidráulico, las cuales provienen de las señales analógicas 4-20 mA procesadas por el PLC. Durante la operación simulada, la presión del sistema se mantiene dentro del rango de trabajo establecido, mientras que el caudal varía en función del accionamiento de la válvula direccional y el desplazamiento del cilindro hidráulico.

Figura 39. Simulación de las variables de presión y flujo



Fuente: Los autores

Figura 40. Pantalla HMI para visualización de transmisor de flujo y presión



11. IMPACTOS

El proyecto de implementación de un módulo didáctico de electrohidráulica con transmisores para el monitoreo de las variables de presión y flujo en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, genera impacto tanto a nivel técnico como social, porque está orientado particularmente al beneficio de los estudiantes de esta carrera, al facilitar la comprensión de los sistemas electrohidráulicos y de los procesos relacionados con el control de fluidos. El enfoque teórico – práctico del módulo permite que los estudiantes apliquen de manera directa los conocimientos adquiridos en el aula, fortaleciendo su aprendizaje mediante la experimentación, el análisis de las variables reales y la simulación de condiciones similares a las utilizadas en entorno industriales.

11.1. Impactos técnicos

La implementación del módulo didáctico de electrohidráulica permite mejorar el equipamiento del Laboratorio de Electromecánica mediante la integración de un sistema funcional que incorpora transmisores de presión y caudal, un PLC y una interfaz HMI. Este módulo facilita el monitoreo en tiempo real de las variables hidráulicas y permite verificar el correcto funcionamiento de los componentes del sistema, contribuyendo al aprendizaje práctico y al análisis técnico de circuitos electrohidráulicos bajo condiciones controladas.

11.2. Impactos sociales

El impacto social también es considerable, pues contribuye al fortalecimiento del proceso de formación de los estudiantes de la carrera de Electromecánica, brindándoles una herramienta que les ayudará a tener mayor entendimiento de los sistemas hidráulicos, pues la disponibilidad de este módulo complementa la educación teórica recibida en las aulas con la experimentación práctica, favoreciendo el desarrollo de competencias técnicas, el aprendizaje y una mejor preparación para el desempeño profesional en el ámbito industrial.

12. PRESUPUESTO

En este apartado se presentan los costos aproximados que se asocian con la implementación del módulo didáctico:

Tabla 35. Presupuesto referencial

N°	Material/componente	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Bomba hidráulica de desplazamiento fijo	1	\$220	\$220
2	Motor eléctrico 1 HP	1	\$180	\$180
3	Cilindro de doble efecto	1	\$150	\$150
4	Válvula direccional hidráulica 4/2 o 4/3	1	\$120	\$120
5	Electroválvula hidráulica	2	\$75	\$150
6	Válvula reguladora de caudal	1	\$60	\$60
7	Válvula de alivio de presión	1	\$55	\$55
8	Transmisor de presión 4-20 mA	1	\$95	\$95
9	Transmisor de presión 4-20 mA	1	\$95	\$95
10	PLC básico con entradas y salidas analógicas	1	\$300	\$300
11	Tablero eléctrico (protecciones + fuente 24 VDC)	1	\$180	\$180
12	Bastidor didáctico en tubo galvanizado, mangueras y conexiones	1 lote	\$220	\$220
13	Gastos imprevistos	1	\$100	\$100
Costo total				\$1990

Elaborado por: Los autores

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

La recopilación y análisis de información técnica permitió la identificación de los componentes adecuados para la implementación del módulo electrohidráulico, definiéndose una presión de 20 bar y un caudal máximo de 10 L/min, parámetros utilizados para la selección de instrumentos de medición y control. A partir de estos valores se determinó la utilización de un transmisor de presión con rango de 0-20 bar y un transmisor de caudal con rango de hasta 16-20 L/min con salida estándar de 4-20 mA, asegurando la correcta adquisición de señales hacia el PLC.

El módulo electrohidráulico se diseñó sobre un bastidor didáctico dimensionado para soportar una unidad de potencia con depósito de aceite hidráulico de 5 gl, incorporando una bomba hidráulica de desplazamiento fijo, cilindro hidráulico de doble efecto, válvulas de control, transmisor de presión con rango de 0-20 y transmisor de caudal con capacidad de 10 L/min, ambos con señal analógica estándar de 4-20 mA para su integración al sistema de control. La disposición de estos componentes posibilitó estructurar un sistema hidráulico ordenado y funcional, donde la unidad de potencia, los elementos de control y los dispositivos de instrumentación se integraron con el PLC y la interfaz HMI, para el monitoreo de la presión y caudal.

En la evaluación del transmisor de presión se aplicaron valores entre 1 y 5 bar, registrándose en el PLC 1,02; 2,01; 2,98; 4,05 y 5,02 bar, lo que evidencia una correspondencia cercana entre la presión generada y la señal adquirida por el sistema de control. En el caso del caudal, la comparación entre el valor teórico de 2,12 L/min y el valor medido de 2,40 L/min presentó una diferencia de 0,28 L/min, margen considerado aceptable para el instrumento utilizado. Estos resultados confirman la correcta transmisión de señales analógicas 4–20 mA, su procesamiento en el PLC y la visualización de las variables en la interfaz HMI, asegurando la operatividad del módulo para el monitoreo de variables hidráulicas en prácticas de laboratorio.

13.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar periódicamente la calibración y verificación de los transmisores de presión y caudal, con la finalidad de mantener la precisión en la adquisición de las señales analógicas 4-20 mA enviadas al PLC, esto permitirá asegurar que las mediciones del sistema continúen reflejando de manera confiable las condiciones reales de operación del módulo electrohidráulico durante las prácticas de laboratorio.

Es recomendable que en el futuro se realicen mejoras al módulo, tales como la incorporación de instrumentos adicionales de medición, como sensores de temperatura del aceite hidráulico o indicadores digitales de presión, que permitan ampliar el análisis de variables del sistema y fortalecer los fines didácticos dentro del área de electrohidráulica y automatización industrial.

Es necesario que se establezca un plan de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico que incluya la revisión del nivel y estado del aceite, inspección de conexiones hidráulicas y verificación del funcionamiento de válvulas, bomba y cilindro. Estas acciones permitirán prolongar la vida útil del módulo didáctico y asegurar su funcionamiento seguro y continuo en las prácticas de laboratorio.

14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Lino y M. Cobeña, «Módulo didáctico para análisis de una bomba hidráulica y medidores de caudal para la elaboración de automatización en la carrera de TSE en la Uleam Exterior El Carmen.,» Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2024.
- [2] C. Nuñez, C. Fiallos, J. Jaramillo y A. Merizalde, Religación Press, 2024, p. 280.
- [3] M. Garrido y E. Grados, «Simulación de un módulo oleohidraulico didáctico para el uso de los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos,» Escuela Politécnica Nacional, 2020.
- [4] S. Porta, «Sistemas de mandos hidráulicos y electrohidráulicos,» Universidad de Valladolid, 2022.
- [5] A. Cafaggi, Hidráulica Básica, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2025, p. 285.
- [6] M. Garrido y E. Grados, «Simulación de un módulo oleohidráulico didáctico para el uso de los estudiantes de la escuela de formación de tecnólogos,» Tesis de pregrado: ESPOCH, 2020.
- [7] A. Miranda y D. Ruiz, «Diseño e implementación de un módulo educativo controlado mediante PLCS7-1200 con interfz HMI para simulación de procesos industriales neumáticos y electroneumáticos,» Universidad Politécnica Salesiana, 2022.
- [8] M. Lino y M. Cobeña, «Módulo didáctico para análisis de una bomba hidráulica y medidores de caudal para la,» Tesis de pregrado: Universidad Laica “Eloy Alfaro” De Manabí elaboración de automatización en la carrera de TSE en la Uleam Exterior El Carmen, 2024.
- [9] A. Creus, Neumática e Hidráulica, Alfa Omega, 2017, p. 407.
- [10] P. Basile, «Flujo en conducciones a presión,» Universidad Nacional de Rosario, 2020.
- [11] D. Naranjo, «Implementación de un sistema de control de flujo en las Estaciones Hidráulicas del Laboratorio de Controles Industriales de la Universidad Nacional de Chimborazo,» UNACH, 2025.

- [12] V. Astudillo, Catota y R. Valencia, «Diseño e implementación de un módulo para el monitoreo de una turbina hidráulica,» vol. 5, n° 1, pp. 18-28, 2025.
- [13] D. Paredes y J. Villacis, «Diseño de un sistema de control de las variables que intervienen en un módulo didáctico de canal hidráulico,» UTC, 2023.
- [14] N. Chuquín, J. Chuquín y D. Chuquín, Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas, CIDE Editorial, 2022, p. 239.
- [15] E. González, Hidráulica básica: historia, conceptos previos y ecuaciones, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2018, p. 98.
- [16] A. Moscozo y L. Ordoñez, «Principios de funcionamiento de sistemas oleo hidráulicos en maquinaria pesada,» 2022.
- [17] M. Soliz, S. Soliz y T. Soliz, Introducción a los sistemas hidraulicos aplicados a maquinarias de construcción, ESPOCH, 2024, p. 196.
- [18] S. Porta, «Sistemas de mandos hidráulicos y electrohidráulicos,» Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Educación, 2022.
- [19] Google Maps, «UTC,» [En línea]. Available: https://www.google.com/maps/place/UTC/@-0.9471299,-79.2392692,17z/data=!4m14!1m7!3m6!1s0x91d4b722dc3d567b:0x766d7c3beb53ae1d!2sUTC!8m2!3d-0.9471353!4d-79.2366943!16s%2Fg%2F11c1nn_3km!3m5!1s0x91d4b722dc3d567b:0x766d7c3beb53ae1d!8m2!3d-0.9471353!4d-79.23669. [Último acceso: 05 Enero 2025].
- [20] R. Jiménez, «Caracterización de los tipos de sensores y su interacción con la realidad física,» *Central American Journals Online*, vol. 1, p. 12, 2023.
- [21] M. Ubierna y A. Alarcón, Modernización de centrales hidroeléctricas: identificación de beneficios, barreras y recomendaciones, Banco Interamericano de Desarrollo, 2022, p. 48.