



Desarrollo de una guía de prácticas para el laboratorio de automatización y sistemas de control enfocado a control de variable analógica.

Modalidad: Práctica Empresarial

Lisney Carolina García Ortiz

CC 1004860046

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías

Ingeniería electromecánica

Bucaramanga 10/12/2025



Desarrollo de una guía de prácticas para el laboratorio de automatización y sistemas de control enfocado a control de variable analógica.

Modalidad: Práctica Empresarial

Lisney Carolina García Ortiz

CC 1004860046

**Informe de práctica para optar al título de
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

DIRECTOR

Ing. Camilo Leonardo Sandoval R

Docente Sistemas de control

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías**

Ingeniería electromecánica

Bucaramanga 10/12/2025

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado, en modalidad de practica empresarial, fue APROBADO en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar el Título de Ingeniero electromecánico según acta No. 32 del 02 de diciembre del 2025 del Comité de Trabajo de Grado



Firma del Evaluador
Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez



Firma del Director
Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional, por creer siempre en mí y ser mi mayor fuente de fortaleza. Cada palabra de aliento y cada sacrificio han sido el impulso que me permitió llegar hasta aquí.

A mi hermana, mi ejemplo y mi inspiración. Su disciplina, dedicación y perseverancia me han enseñado que los sueños se alcanzan con esfuerzo y constancia. Gracias por motivarme a superarme cada día y por ser mi guía en este camino.

A mi novio, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por acompañarme en los momentos difíciles, por animarme a seguir adelante y por celebrar conmigo cada logro. Tu presencia ha hecho este proceso más llevadero y significativo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias doy primeramente a Dios por llenarme de fortaleza y perseverancia para poder culminar esta primera etapa como profesional.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional en esos momentos de dificultad, gracias infinitas por inculcarme el valor del trabajo, esfuerzo y honestidad, este logro también es de ustedes.

También a todos los docentes que participaron en mi proceso de formación, gracias a ustedes he adquirido conocimientos, y también aportaron en el desarrollo de mi ser. Cada clase, consejo y experiencia fue clave para llegar a donde estoy.

De manera muy especial, agradezco a mi director de proyecto, Camilo Sandoval, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de nuestras clases y de este trabajo. Su acompañamiento y comprensión fue vital para cumplir con todos los objetivos.

Finalmente, y no menos importante, a todos mis compañeros con los que compartí los espacios de clases, de una u otra forma me brindaron motivación y compañía a lo largo de todo este camino que culmina con satisfacción y orgullo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	14
2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA.....	15
2.3. OBJETIVOS.....	16
2.3.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2.4 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	16
3. MARCO REFERENCIAL	17
4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	21
4.1. BANCO DE PRESIÓN Y CAUDAL.....	22
4.2. BANCO DE NIVEL.....	30
4.3. BANCO DE DESPULPADO Y ENVASADO DE PULPA DE MORA	44
4.4. ACOMPAÑAMIENTO Y ASESORÍAS A ESTUDIANTES DE SISTEMAS DE CONTROL	68
4.5. MANUALES DE PRACTICAS	69
4.6. INVENTARIO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	71
4.7. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	72
4.8. CREACIÓN DE CORREO PARA EL LABORATORIO	72
5. RESULTADOS	74
6. CONCLUSIONES	80
7. RECOMENDACIONES	81
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
9. ANEXOS.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Programa LabVIEW	20
Figura 1. Banco de presión y Caudal	22
Figura 2. Sensor de caudal	23
Figura 3. Planos de sensor de caudal	24
Figura 4. Diagrama de conexión del sensor de caudal	25
Figura 5. Diagrama de conexión del sensor de caudal	26
Figura 6. Prueba funcional del sensor SBY321	27
Figura 7. Pruebas de funcionamiento sensor de caudal	27
Figura 8. Instalación de sensores	28
Figura 9. Cableado de sensores capacitivos	28
Figura 10. Pruebas de funcionamiento del banco de presión y Caudal	29
Figura 11. Panel frontal Banco Caudal y presión	29
Figura 12. Conexión de banco de nivel	30
Figura 13. Variador Siemens SINAMICS V20	31
Figura 14. Configuración del variador	33
Figura 15. Circuito eléctrico banco de nivel	33
Figura 16. Panel frontal Banco de nivel	34
Figura 17. Sensor Capacitivo CR18-8DP	34
Figura 18. Validación de funcionamiento CR18-8DP	35
Figura 19. Circuito eléctrico modificado banco de nivel	36
Figura 20. Desmontaje del equipamiento original	37
Figura 21. Montaje final de equipos en tubería	37
Figura 22. Montaje de equipos de sistema de medición de caudal	38
Figura 23. Cableado de parte eléctrica	39
Figura 24. Banco de nivel con ajustes	39
Figura 25. Autonics en su pantalla principal	40
Figura 26. Autonics en su función contador	40
Figura 27. Configuración del contador en forma ascendente	41
Figura 28. Salida "Out" en configuración n	41
Figura 29. Velocidad del conteo de dosificación	41
Figura 30. Valor de lectura de decimales	42
Figura 31. Tiempo de reinicio del conteo	42
Figura 32. Valor de flujo de corriente preestablecido	42
Figura 33. Puntos decimales en la escalada	43
Figura 34. Valor de pre escala SCL	43
Figura 35. Valor de inicio del conteo	43
Figura 36. Protección de memoria	44
Figura 37. Función bloqueo de valores	44
Figura 43. Banco de despulpado de mora	44
Figura 44. Circuito eléctrico monitoreo de temperatura	45
Figura 45. Pruebas de funcionamiento del sensor	46
Figura 46. Programa en LabVIEW de control temperatura	46
Figura 47. Configuración DAQ para TMP36	47

Figura 48. Ecuación matemática del sensor	47
Figura 49. Conexión del circuito.....	48
Figura 50. Pruebas de funcionamiento del programa.....	48
Figura 51. Verificación de temperatura	49
Figura 52. Comportamiento termistor.....	49
Figura 53. Mejora de conexiones Banco temperatura	50
Figura 54. Prueba de funcionamiento del rele.....	50
Figura 55. Prueba de funcionamiento del nuevo rele	51
Figura 56. Conexión del motor	51
Figura 57. Configuración DAQ del motor	52
Figura 58. Motor homogeneizador y conexión eléctrica	52
Figura 59. Configuración DAQ PT100.....	53
Figura 60. Configuración DAQ PT100.....	53
Figura 61. Configuración eléctrica PT100	53
Figura 62. Configuración DAQ resistencia	54
Figura 63. Panel frontal prueba 2 temperatura.....	55
Figura 64. Diagrama de bloques prueba 2 temperatura	55
Figura 65. Tabla de datos prueba 1	56
Figura 66. Escalamiento temperatura prueba 1	56
Figura 67. Datos de aumento de temperatura.....	57
Figura 68. Datos de disminución de temperatura.....	57
Figura 69. Temperatura real vs. temperatura promedio	58
Figura 70. Error cuadrático medio.....	59
Figura 71. Raíz del error cuadrático medio	59
Figura 72. Código en Matlab parte 1	60
Figura 73. Error porcentual absoluto medio (MAPE).....	60
Figura 74. Código en Matlab parte 2.....	61
Figura 75. Escalamiento 2 sensor PT100	62
Figura 76. Datos importados.....	63
Figura 77. Código en matlab.....	63
Figura 78. Comportamiento de la temperatura media	64
Figura 79. Comportamiento de la temperatura media suavizada	64
Figura 80. Ancho de pulso vs tiempo	65
Figura 81. Modelo de la función de transferencia.....	65
Figura 82. Datos importados prueba 2	66
Figura 83. Código matlab prueba 2.....	66
Figura 84. Temperatura media prueba 2.....	67
Figura 85. Temperatura media suavizada prueba 2.....	67
Figura 86. Tiempo suavizado prueba 2.....	67
Figura 87. Modelo de la función de transferencia prueba 2.....	68
Figura 88. Función de transferencia prueba 2.....	68
Figura 89. Horario de atención a estudiantes.....	69
Figura 90. Manual de prácticas del banco de nivel	70
Figura 91. Manual de prácticas del banco de riego.....	70
Figura 92. Manual de banco de temperatura	71
Figura 93. Inventario del laboratorio de Automatización y sistemas de control	71

Figura 94. Fichas técnicas de los equipos	72
Figura 95. Creación de correo	72
Figura 96. Creación QR	73
Figura 97. Panel frontal con sensor capacitivo.....	74
Figura 98. Diagrama de bloques con sensor capacitivo	75
Figura 99. Validación de funcionamiento del banco despulpador de mora.....	75
Figura 100. QR Banco de nivel	78
Figura 101. QR Banco de Riego	78
Figura 102. QR Banco de temperatura	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Técnicas del sensor SBY321	23
Tabla 2. Conexión sensor SBY321	25
Tabla 3. Prueba de alimentación y señal de SBY321.....	25
Tabla 4. Puntos de medición del sensor SBY321	26
Tabla 5. Manejo del variador sinamics V20.....	31
Tabla 6. Equipos montaje medición de caudal	36
Tabla 7. Evidencia fotográfica	76

INTRODUCCIÓN

Los procesos de automatización industrial y los sistemas de control son componentes fundamentales que deben adquirir los profesionales en formación de la Ingeniería Electromecánica, tienen suma importancia en la supervisión, regulación y optimización de actividades productivas industriales modernas. Según lo indica (Viegas et al., 2018), la adquisición de estas competencias y habilidades se deben desarrollar a partir de experiencias prácticas que le ofrezcan al estudiante enfrentarse a sistemas, equipos y procesos reales y de esta manera activar la construcción activa del conocimiento de una manera autónoma fortaleciendo la capacidad para resolver problemas futuros a enfrentar como ingenieros electromecánicos.

Es por esto que desde la academia se deben ofrecer estos ambientes de aprendizaje que combinen elementos tecnológicos, pedagógicos y experimentales que, unidos, se convierten en un proceso supremamente enriquecedor para la apropiación de teorías y su utilización en aplicaciones reales (Potkonjak et al., 2016).

Aunque hoy día se encuentran una gran cantidad de estudios y desarrollo en el área de control y automatización de procesos, en algunas instituciones educativas los recursos experimentales no presentan el complemento de recurso pedagógico de buena calidad en cuanto a la estructura, actualización o alineación con las necesidades formativas. La ausencia de documentos guías adecuados dificulta e impide explotar el máximo potencial de los estudiantes en cuanto a autonomía y además dificulta la aplicación de modelos pedagógicos basados en la construcción de nuevo conocimiento por sí mismos utilizando la reflexión y experiencias propias (Heradio et al., 2016).

Este trabajo representa un aporte a los estudiantes de los cursos Laboratorio de Sistemas de Control y Automatización Industrial del programa de Ingeniería

Electromecánica en las Unidades Tecnológicas de Santander, ofreciendo una guía de prácticas que se enfoca en el control de variables analógicas que se estudian con los bancos didácticos ya existentes en el laboratorio y de esta manera fortalecer y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje usando de manera más óptima los recursos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control.

Para poder cumplir con los objetivos, se realizó una metodología que incluyó: la caracterización de los bancos de práctica, la adaptación de equipos en desuso para obtener un nuevo tipo de práctica, la verificación y corrección del funcionamiento de sensores SBY321, CR18DP, PT100, relés, variadores y medidores de caudal, la mejora y creación de interfaces de control en LabVIEW, la calibración y escalación del modelo matemático de sensores usando la herramienta MATLAB y la elaboración de documentos guías completos y metódicos para cada práctica del curso de Laboratorio de Sistemas de Control. Para cada uno de estos procesos se tuvo que realizar pruebas experimentales, analizar datos, identificar las posibles fallas y corregir o mejorar el proceso para lograr el funcionamiento correcto y seguro de los equipos para uso académico (Deb & Chattopadhyay, 2024).

Los resultados obtenidos reflejan mejoras de precisión y confiabilidad de los bancos de prácticas, y lo más importante, ofrecen una mejor interacción entre el docente, los estudiantes y los bancos de prácticas por la implementación de las guías elaboradas. Las conclusiones confirman la importancia de contar con un material instructivo de prácticas actualizado y muy bien estructurado.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Las Unidades Tecnológicas de Santander es una institución de educación superior que cada vez crece en el ámbito académico y profesional a nivel regional, y que, en los últimos años, se ha estado posicionando y dando a conocer a nivel nacional.

La institución oferta programas tecnológicos articulados con programas profesionales en áreas de las ciencias naturales y ciencias humanas. Como lo dicen las Unidades Tecnológicas de Santander, “su misión es formar personas con sentido ético, pensamiento crítico y actitud emprendedora (...) mediante procesos de calidad en docencia, investigación y extensión institucional” (Unidades Tecnológicas de Santander, 2024).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción de la Problemática

En el laboratorio de control y automatización, se realizan los encuentros de las clases prácticas de los cursos de Sistemas de Control y Automatización Industrial del programa de Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales de la institución Unidades Tecnológicas de Santander.

Para mejorar la interacción de los estudiantes con los bancos es muy importante tener una buena comprensión y aplicación de los principios de control de variables de temperatura, nivel, presión y caudal en el laboratorio de Automatización y Sistemas de Control. Actualmente, aunque los auxiliares de cada laboratorio son seleccionados con el fin de garantizar que orienten a los estudiantes en la realización de las prácticas, las guías de laboratorio existentes presentan limitaciones en términos de claridad, aplicabilidad práctica, recursos disponibles y contenido. Esto dificulta el desarrollo de la práctica, dejando posibles vacíos a la hora de interiorizar los conceptos o en muchas ocasiones extendiendo el tiempo de cada práctica por la necesidad de la presencia del auxiliar y/o docente en el paso a paso del desarrollo de la práctica. El verdadero aprendizaje ocurre cuando el estudiante logra transformar por sí mismo sus experiencias en nuevo conocimiento de manera participativa y reflexiva en su proceso formativo (Villarroel Henríquez et al., 2025).

Es por esta razón que surge la siguiente pregunta: ¿De qué manera se puede mejorar el aprendizaje experiencial de modo que demande más autonomía y participación por parte de los estudiantes en el desarrollo de las prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control y Automatización?

2.2. Justificación de la Práctica

Aunque el docente tiene responsabilidad en el proceso de formación, las actividades de aprendizaje deben desarrollar la capacidad de pensar de forma autónoma, proponer ideas nuevas y resolver problemas por sí mismos (Volet et al., 2009). El docente debe brindarle las herramientas al estudiante para que puedan transformar sus experiencias en nuevo conocimiento y así mejorar la capacidad de resolución de problemas.

Dicho esto, resulta determinante incluir en las prácticas desarrolladas en el Laboratorio de Sistemas de Control y Automatización un libro instructivo que tenga actividades a desarrollar antes, durante y después de la práctica en cada módulo banco (Ramírez et al., 2020).

Con el uso de estas guías metodológicas, se espera que los estudiantes puedan comprender de manera más profunda los principios teóricos del control y automatización, y aplicarlos de manera más efectiva en entornos prácticos y reales.

A su vez, se espera motivar y fomentar el interés, la investigación y la creatividad de los estudiantes por la automatización y control de procesos industriales, solucionando problemas reales que se presentan en la industria y mejorando los procesos y al tiempo impulsar el desarrollo tecnológico de la industria, aportando en gran medida al crecimiento económico del país (de Jong et al., 2013).

2.3. Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Desarrollar una guía de prácticas para el control de variables analógicas de temperatura, nivel, presión y caudal para el curso Laboratorio de Sistemas de Control del programa de Ingeniería Electromecánica mediante pruebas experimentales en los bancos didácticos con el fin de mejorar el proceso académico de los estudiantes.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los elementos y los aspectos relevantes de cada práctica: contexto e importancia de la práctica, equipos a utilizar, fundamentación teórica, objetivos y resultados a evaluar.
- Verificar el correcto funcionamiento eléctrico y operativo del sensor SBY321 en condiciones de laboratorio.
- Ensayar las guías desarrolladas en las prácticas de laboratorio en una muestra de estudiantes para evaluar su efectividad y aporte.

2.4 Antecedentes de la Empresa

Actualmente las prácticas realizadas en el curso de Laboratorio de Sistemas de Control, aunque son guiadas principalmente por el docente a cargo con asistencia del laboratorista asignado para cada periodo académico, sin embargo, no existe una guía elaborada que sirva como apoyo extra para que los estudiantes completen la práctica de una forma más autónoma, aplicando así un modelo pedagógico constructivista, con el objetivo de que los estudiantes tengan la capacidad de construir su propio conocimiento y no simplemente replicar lo que el docente indica. Esto fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas, habilidades muy

importantes para un Ingeniero Electromecánico a la hora de desempeñar cualquier cargo en la industria (Gruber, 2020).

3. MARCO REFERENCIAL

En los laboratorios de las Unidades Tecnológicas de Santander, los bancos de pruebas son herramientas esenciales para el desarrollo personal y profesional de los estudiantes. Los estudios recientes destacan que los entornos educativos que cuentan con los recursos tecnológicos y experimentales fortalecen significativamente la formación profesional y la adquisición de competencias prácticas en ingeniería (Maya-Hoyos et al., 2019). Los conocimientos que se necesitan para empezar en la industria se adquieren en los espacios habilitados en la institución. Además, todos estos recursos ayudan a orientar y direccionar a cada uno de los estudiantes.

3.1. Fundamentos de Sistemas de Control

- **Variable Controlada:** La cantidad o condición que se mide y controla.
- **Sensor:** Dispositivo que mide la variable controlada y la convierte en una señal eléctrica.
- **Controlador:** Elemento que decide la acción correctiva basándose en el error.
- **Actuador:** Dispositivo que modifica la variable controlada según la orden del controlador.

3.2. Componentes de un Sistema de Control Automatizado

■ *Sensores y Transductores*

Un sensor es un dispositivo que sirve para detectar magnitudes físicas o químicas, como temperatura, presión, humedad, fuerza o distancia. Estos dispositivos aprovechan sus propiedades para adaptarse a la variable a medir y así entregar una señal que puede ser interpretada por otro dispositivo. De este modo, un sensor convierte un tipo de información en otra forma que se puede controlar o medir. En la actualidad, los sensores son muy importantes, ya que permiten que los sistemas modernos recojan información del ambiente y tomen decisiones basadas en esa información (Devanarayanan et al., 2016).

■ *Clasificación*

- **Sensores Analógicos:** Proporcionan una señal continua (4-20 mA, 0-10 V).
- **Sensores Digitales:** Entregan una señal discreta (ON/OFF) o datos digitales.

3.3. Variador de velocidad

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico de potencia que se utiliza para controlar la velocidad. Su principio de funcionamiento se basa en un proceso de conversión eléctrico en tres etapas: rectificación, enlace de corriente continua y/o inversión. En la primera fase, el variador transforma la corriente alterna que proviene de la red en corriente continua a través de un rectificador. Seguido de esto, en la fase de corriente continua, se regula el voltaje con capacitores o inductores y, por último, el inversor convierte de nuevo la corriente continua en alterna ajustada a la frecuencia deseada, utilizando transistores IGBT para crear una señal PWM que se controla electrónicamente (Xiong et al., 2018).

3.4. Software de programación

En la automatización industrial, el software de programación es esencial para el diseño, desarrollo y supervisión de procesos que son controlados de forma electrónica. Los espacios de programación facilitan la creación de lógicas de control, la simulación de comportamientos de sistemas y la comunicación entre controladores lógicos programables (PLC) y equipos periféricos como sensores, actuadores o interfaces gráficas (Thepmanee et al., 2022).

El empleo de software especializado ayuda a vincular la teoría del control con su implementación real, lo que permite a los estudiantes captar los conceptos de automatización (Mar-Cornelio et al., 2019).

En el laboratorio de Automatización y Sistemas de Control de las UTS, se utilizan diversas plataformas de programación como TIA Portal, LabVIEW y RSLogix, cada una con características particulares que fortalecen la educación en control industrial. (Bhute et al., 2021)

LabVIEW

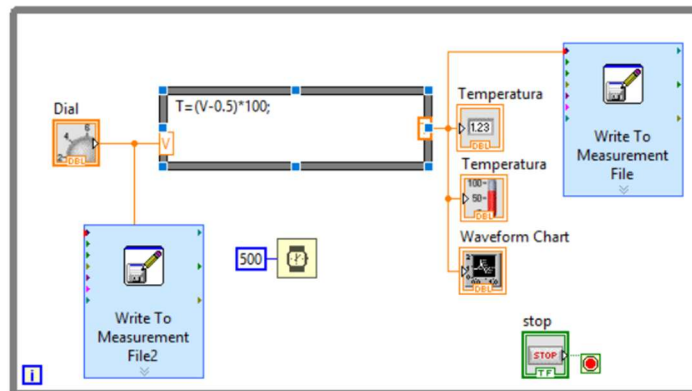
LabVIEW es un entorno gráfico de programación orientado a la adquisición de datos, instrumentación virtual y control de procesos. En comparación con otros entornos basados en código, LabVIEW utiliza un lenguaje de bloques funcionales interconectados, lo que permite crear programas mediante diagramas de flujo (Elliott et al., 2007).

En el laboratorio de la institución, este programa se emplea para la visualización de señales analógicas provenientes de sensores y la generación de señales de control (Laird et al., 2013). Además, puede integrarse con tarjetas DAQ, esto permite realizar mediciones en tiempo real y registrar datos experimentales.

Este programa no solo ofrece una representación práctica de los principios de control, sino que también fortalece las competencias en el manejo de software de monitoreo industrial. Según (Mohapatra et al., 2023), su principal ventaja radica en

la posibilidad de combinar hardware real con simulaciones, fomentando el aprendizaje experiencial en el aula de ingeniería.

Figura 1. Programa LabVIEW



Fuente. Autor

3.5. Módulo DAQ

El módulo DAQ actúa como intermediario entre los instrumentos físicos y el software de control. Esto facilita la conversión de señales analógicas del entorno en datos digitales procesables por el computador (Gawde et al., 2023).

El uso del DAQ promueve el aprendizaje experiencial descrito por Kolb (1984), al permitir que el estudiante observe en tiempo real cómo las señales físicas se transforman en variables digitales controladas desde el software (Tiernan, 2010).

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Este informe es tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, de este modo, se basa en la caracterización y documentación acerca del funcionamiento de los bancos didácticos del laboratorio de Automatización y Sistemas de Control, se encarga en la medición directa de variables físicas como lo son temperatura, nivel, caudal y presión, a través de sensores analógicos, adquisición de datos mediante tarjetas DAQ y el procesamiento numérico de información obtenida en tiempo real. Así mismo, no busca establecer relaciones estadísticas entre variables, describe de manera técnica y detallada los procedimientos, condiciones operativas y resultados obtenidos durante la implementación de las prácticas de laboratorio.

Las principales técnicas utilizadas fueron:

- **Experimentación:** Realización de pruebas controladas en los bancos.
- **Observación directa:** Evaluación visual del funcionamiento de los dispositivos y detección de fallas de conexión.
- **Adquisición y registro de datos:** Captura de señales analógicas a través de LabVIEW y procesamiento de los datos mediante MATLAB.
- **Análisis gráfico y matemático:** Elaboración de curvas características, escalamiento de sensores, ajustes lineales, identificación de funciones de transferencia y cálculo de indicadores de error.
- **Prueba piloto con estudiantes:** Aplicación de las guías elaboradas para evaluar su claridad, pertinencia técnica y contribución al aprendizaje autónomo.

El desarrollo metodológico del proyecto se ejecutó a través de las siguientes fases:

Fase 1: Diagnóstico y caracterización de los bancos

Fase 2: Verificación y adecuación de equipos

Fase 3: Desarrollo de interfaces y programación

Fase 4: Experimentación y toma de datos

Fase 5: Análisis de datos

Fase 6: Elaboración y validación de guías de práctica

Fase 7: Evaluación final

4.1. BANCO DE PRESIÓN Y CAUDAL

El banco de prácticas de control y automatización utilizado en este proyecto sigue la misma estructura de integración de sensores, actuadores y PLC descrita por (Ascanio, J; Sandoval, 2018) en su sistema de control de presión. Su trabajo evidencia cómo una adecuada instrumentación mejora la estabilidad y precisión del proceso, lo cual fundamenta la necesidad de este proyecto: incorporar y calibrar sensores adicionales para optimizar la medición de variables como temperatura, nivel, caudal y presión, fortaleciendo así el funcionamiento del banco y la experiencia formativa de los estudiantes.

Figura 2. Banco de presión y Caudal



Fuente, Autor

Funcionamiento del sensor de caudal

El sensor de presión del banco de riego con referencia SBY321, es un dispositivo desarrollado por IFM Electronic para la medición del caudal de líquidos en tuberías. Este sensor se utiliza en líquidos como agua, aceites y soluciones de glicol, gracias a su diseño robusto y características técnicas.

Funciona con un pistón soportado por un resorte que se eleva con el flujo del líquido. La posición del pistón es detectada por un sensor magnético, lo que permite una rápida y precisa medición del caudal. Adicional a esto, incorpora una válvula de retención integrada que evita el flujo inverso.

Figura 3. Sensor de caudal



Fuente. Autor

Este sensor ha sido fabricado para aplicaciones industriales que necesiten emplear un control y monitoreo de flujo de líquidos, como en sistemas hidráulicos, refrigeración, control de procesos y otras áreas donde la precisión es esencial.

Este sensor tiene una construcción interna tipo paleta debido a su funcionamiento mecánico que le permite desplazar el flujo, accionando un transductor magnético que convierte el movimiento en una señal eléctrica, en este caso una señal analógica.

4.1.1.1. Características Técnicas del sensor SBY321

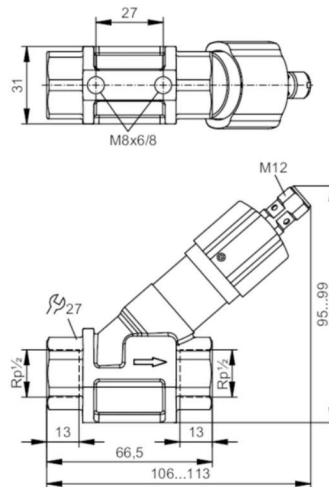
Tabla 1. Características Técnicas del sensor SBY321

Rango de medición	0.2 a 4 litros por minuto
Tiempo de respuesta	Aproximadamente 10 milisegundos, garantizando una respuesta rápida al cambio en el flujo.
Presión nominal	Hasta 80 bar.
Temperatura operativa	0 y 85 grados Celsius.
Voltaje de operación	10 a 30 VDC.

Tipo de salida	Señal de conmutación PNP.
Conexión	conector M12.
Protección	grado IP65 a IP67, lo que asegura resistencia contra polvo y agua.

Fuente. Autor

Figura 4. Planos de sensor de caudal.



Fuente. Autor

4.1.1.2. Plan de Intervención del equipo

Para realizar este plan fue necesario contar inicialmente con:

- Sensor SBY321 instalado en la línea de prueba.
- Fuente de alimentación 24 VDC.
- Multímetro digital.
- Línea de agua o líquido de prueba con control de caudal.
- Recipiente medidor.
- Elementos de seguridad.

Para la revisión inicial de esta prueba se verificó que el sensor estuviera en buen estado físico. También se revisó el manual eléctrico del equipo para poder conectar correctamente.

Tabla 2. Conexión sensor SBY321

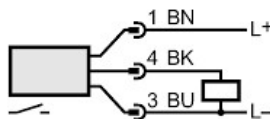
Pin 1 (marrón)	+24 VDC (desde la fuente)
Pin 3 (azul)	0 VDC (común)
Pin 4 (negro)	Salida análoga (un borne de señal). 4...20 mA o 0...10 V
Pin 2 (blanco)	No se usa.

Fuente. Autor

Inicialmente se verificó con multímetro que el sensor reciba 24 VDC al momento de energizar el tablero y posteriormente se encendió la bomba para generar flujo hacia la línea donde está el sensor, al mismo tiempo, se abrieron las válvulas poco a poco para controlar el caudal. Cuando el caudal supere el valor configurado, el sensor deberá encender LEDs amarillos y enviar 24 VDC al pin de señal (negro).

4.1.1.3. Pruebas del sensor

Figura 5. Diagrama de conexión del sensor de caudal.



Fuente. Autor

Para verificar el funcionamiento del sensor de caudal, fue necesario realizar las siguientes pruebas:

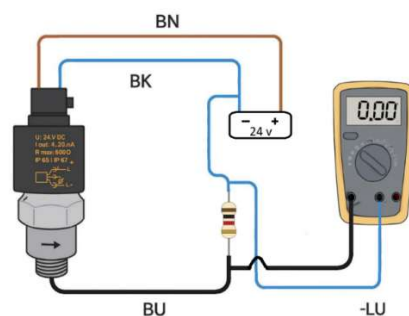
Tabla 3. Prueba de alimentación y señal de SBY321

Prueba de alimentación eléctrica	Verificar con un multímetro que el sensor reciba el voltaje de alimentación entre 10 a 30 VDC.
	Comprobar que las conexiones del equipo y la conexión a tierra estén correctas.
	Medir la señal de salida del sensor mientras se hace circular líquido dentro del rango de operación.
	Identificar los pines correctos del conector M12: Uno para alimentación positiva, otro para tierra y el pin de salida de señal.
	Con el sensor conectado y alimentado, colocar la punta positiva del multímetro en el pin de salida de señal. También, se coloca la punta negativa

Prueba de señal de salida	del multímetro en el pin de tierra para verificar que la corriente esté en el rango adecuado.
	Hacer fluir líquido dentro del rango operativo en el sensor.
	Observar la lectura del multímetro: cuando el flujo alcance el punto ajustado, el multímetro mostrará un valor de 4-20 mA.

Fuente. Autor

Figura 6. Diagrama de conexión del sensor de caudal



Fuente. Autor

Para la prueba de resistencia interna Inicialmente se desenergizó el sensor y se midió de la siguiente manera:

Tabla 4. Puntos de medición del sensor SBY321

	Puntos de medición	Valor esperado	Valor de falla
Prueba de resistencia interna	Pin 1 (+V)-Pin 3 (0V)	En el rango de 1 k Ω a 5 k Ω aprox.	<100 Ω : Posible corto interno ∞ (abierto): Posible circuito abierto
	Pin 4 (Out)-Pin 3 (0V)	Muy alta resistencia (>100 k Ω) cuando no está energizado ni conectado a carga.	<10 k Ω : Posible fuga o daño en la etapa de salida.
	Pin 1 (+V)-Pin 4 (Out)	Alta resistencia (decenas de k Ω o más).	<1 k Ω : Posible cortocircuito interno.

Fuente. Autor

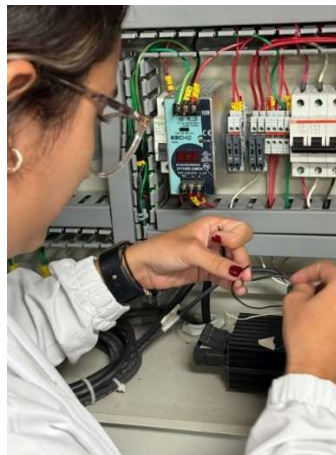
Figura 7. Prueba funcional del sensor SBY321

Prueba funcional dinámica	Se hace variar el flujo de líquido y se observa que la señal de salida cambie en consecuencia, sin retardos ni interrupciones.
	Se hace circular el líquido por el sensor aumentando y disminuyendo progresivamente el caudal dentro del rango operativo.
	Se observa la señal de salida del sensor con un multímetro o un sistema de monitoreo en tiempo real.
	Se confirma que al disminuir el flujo la señal también disminuye, y que la válvula de retención integrada evita el flujo inverso.

Fuente. Autor

En esta prueba se pudo observar que el funcionamiento del sensor es incorrecto, debido a que no se presencia una lectura de voltaje en la resistencia al hacer las pruebas de funcionamiento

Figura 8. Pruebas de funcionamiento sensor de caudal



Fuente. Autor

4.1.2. Adecuación de sensores capacitivos

Se llevó a cabo la instalación de dos sensores capacitivos modelo CR18-8DP, con el propósito de adaptarlos e integrarlos en las prácticas experimentales del banco de presión y caudal del laboratorio de Sistemas de Control.

Para dicha instalación, fue necesario realizar una perforación en el tanque a una altura determinada de manera precisa, con el fin de garantizar una detección

confiable del nivel de líquido y evitar la aspiración de aire por parte de la bomba, lo cual podría afectar el funcionamiento hidráulico del sistema.

Figura 9. Instalación de sensores



Fuente. Autor

Posteriormente a la instalación se realizó el cableado

Figura 10. Cableado de sensores capacitivos



Fuente. Autor

Figura 11. Pruebas de funcionamiento del banco de presión y Caudal

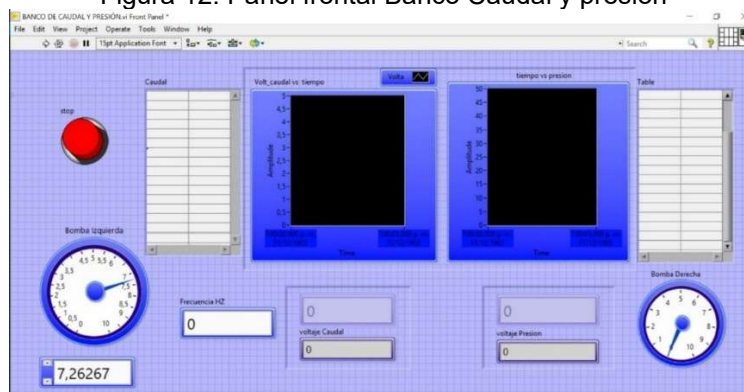


Fuente. Autor

4.1.3. Modificación de programa en Labview

La interfaz mostrada en la figura 11 corresponde al panel frontal desarrollado en LabVIEW para la monitorización y control del banco de caudal y presión del laboratorio de Sistemas de Control. Este programa permite visualizar en tiempo real las variables medidas por los sensores y controlar el funcionamiento de las bombas del sistema.

Figura 12. Panel frontal Banco Caudal y presión

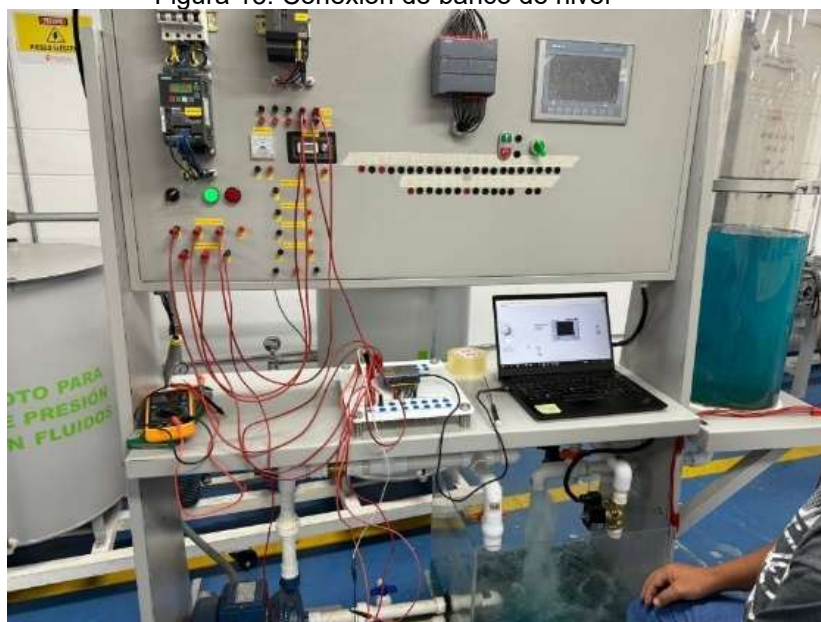


Fuente. Autor

4.2. BANCO DE NIVEL

En los sistemas de control de procesos industriales, la precisión de los sensores es una característica fundamental. En esta práctica, se estudia un sistema de control de nivel de agua en un tanque utilizando un sensor ultrasónico. Este sensor entrega originalmente una señal de corriente proporcional a la distancia. Esta señal de corriente es convertida a voltaje mediante una resistencia shunt para ser adquirida por el módulo DAQ de Texas Instruments, que cuenta con entradas analógicas digitales que trabajan con señales de voltaje.

Figura 13. Conexión de banco de nivel



Fuente. Autor

4.2.1. Configuración del variador del banco de nivel

Figura 14. Variador Siemens SINAMICS V20



Fuente. Autor

Con el objetivo de que el variador Siemens SINAMICS V20 reciba una señal analógica de 0 a 10 v en la entrada de AI1y la convierta en la salida para controlar la velocidad variando la frecuencia en un rango de 0 a 60 Hz, es necesario configurar este variador de la siguiente manera:

- Se energizar el variador.

Tabla 5. Manejo del variador sinamics V20

Teclas de navegación	M=menú
	OK=confirmación
	↑↓= desplazamiento
	←→= cambio de dígito

Fuente. Autor

- Para acceder y visualizar todas las configuraciones avanzadas del variador es necesario ubicarse en el parámetro P0003 y cambiar al valor 3, este valor indica que se está en el modo experto.
- En el parámetro P0700, seleccionar el valor. Este parámetro le indica al variador la orden de marcha únicamente desde las entradas digitales y no arrancará automáticamente al ser energizado.

- En el parámetro P0701, se selecciona el valor 1, para asignar a la entrada DI1 la función de ON/OFF, con este ajuste el variador únicamente arrancará cuando se cierre el circuito entre DI1 Y +24 V.
- En el parámetro P1000, se selecciona el valor 2 (AI1), Con esta señal el variador tomará como referencia de velocidad la señal analógica aplicada a la entrada AI1.
- En el parámetro P0756, se selecciona el valor 1
- En el parámetro P0757, se selecciona el valor 0, esto indica el valor de entrada x1 en 0 V.
- En el parámetro P0758, se selecciona el valor 0, esto indica el valor de salida en y1 con 0Hz.
- En el parámetro P0759, se selecciona 10, esto indica el valor de entrada x2 correspondiente a 10 V.
- En el parámetro P0760, se selecciona 100, esto indica el valor de salida y2, que corresponde al 100% de la frecuencia, es decir 60Hz.

Todos estos parámetros indican:

0 V en AI1 = 0 Hz de salida.

5 V en AI1 ≈ 30 Hz de salida.

10 V en AI1 = 60 Hz de salida.

- En el parámetro P2000, se selecciona el valor 60, este valor establece el valor de 60 Hz como frecuencia máxima permitida.
- En el parámetro P2001, se selecciona el valor 10, este valor se fija en 10V, como valor máximo de voltaje permitido.

Figura 15. Configuración del variador

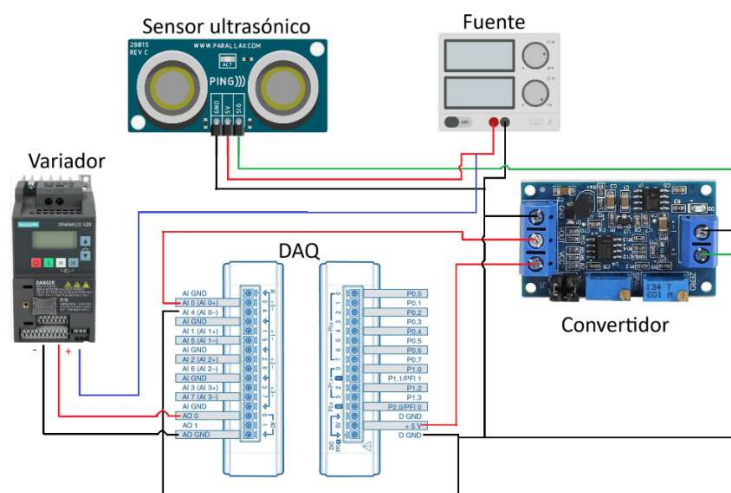


Fuente. Autor

4.2.2. Diagrama eléctrico del banco de nivel

El circuito mostrado en la figura 15 ilustra el sistema de control y adquisición de datos implementado para el banco de pruebas, donde se integran diferentes dispositivos electrónicos y de instrumentación industrial.

Figura 16. Circuito eléctrico banco de nivel

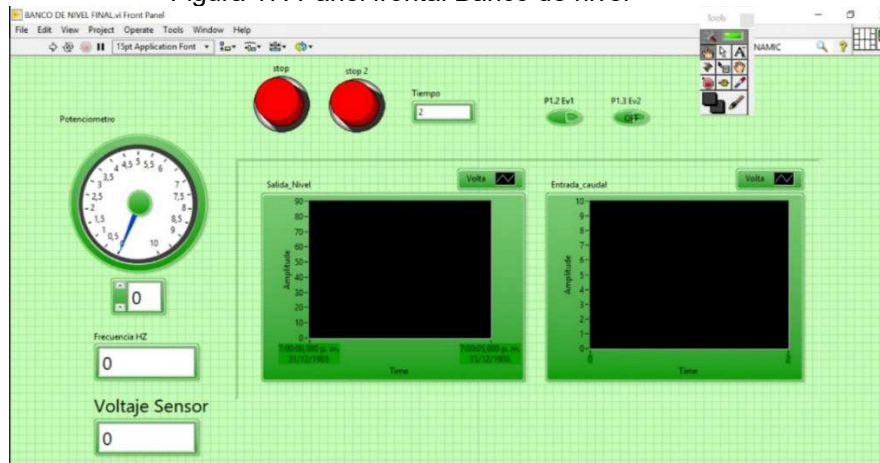


Fuente. Autor

4.2.3. *Modificación del programa en LabVIEW del banco nivel*

El panel frontal mostrado en la figura 16 muestra la interfaz de monitoreo y control del banco de nivel, diseñada en LabVIEW para la visualización y gestión del sistema.

Figura 17. Panel frontal Banco de nivel



Fuente. Autor

4.2.4. *Implementación de sensor capacitivo*

Figura 18. Sensor Capacitivo CR18-8DP



Fuente. Autor

Primero se llevó a cabo una verificación funcional del sensor capacitivo modelo CR18-8DP para comprobar su correcta operación antes de integrarlo al sistema de adquisición de datos. Para esta prueba se empleó un diodo LED como indicador

visual, el cual permitió observar la conmutación del estado de salida del sensor ante la presencia o ausencia de un objeto dentro de su rango de detección.

Figura 19. Validación de funcionamiento CR18-8DP

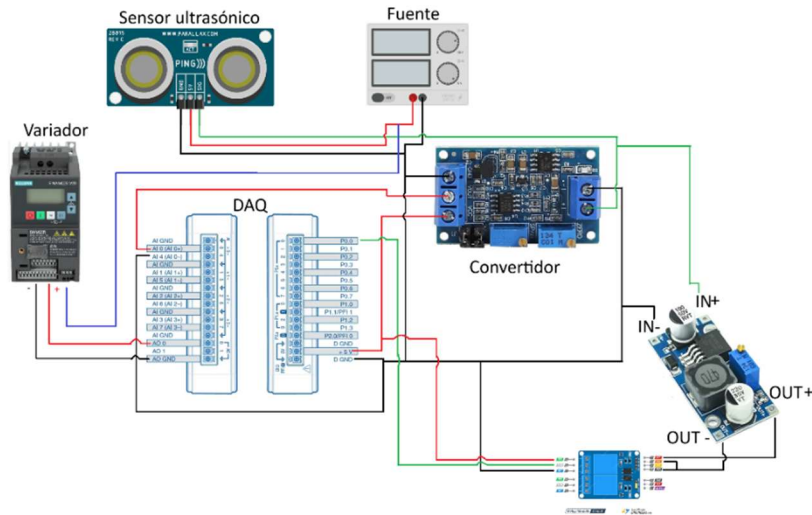


Fuente. Autor

Con esto se validó que el sensor respondiera adecuadamente a estímulos capacitivos y que su circuito de salida conmutara correctamente entre los niveles de tensión correspondientes, comprobando la funcionalidad eléctrica y operativa para las siguientes etapas del montaje experimental.

Adicionalmente, se implementó un módulo convertidor de nivel de voltaje, específicamente de 24 V a 5 V, con el objetivo de adaptar las señales eléctricas del sensor capacitivo y garantizar su correcta integración con un relé a 5V para así implementar al sistema de adquisición de datos (DAQ), evitando posibles daños por diferencias de tensión entre los dispositivos.

Figura 20. Circuito eléctrico modificado banco de nivel



Fuente. Autor

4.2.5. Implementación de un sistema de medición de caudal de agua

Con el fin de realizar el montaje e integración de diferentes equipos electrónicos y de instrumentación sobre un banco de laboratorio de sistemas de control, permitiendo la medición, monitoreo y control de variables relevantes para prácticas educativas y experimentales.

Tabla 6. Equipos montaje medición de caudal

Equipos Utilizados	Medidor de voltaje digital
	Pulsador
	Selector de dos posiciones
	Transmisor Badger PFT-1E
	Contador Autonics CT6S-1P2

Fuente. Autor

Teniendo todos los equipos necesarios, se inició con la adecuación de los nuevos equipos en banco de prácticas del laboratorio de sistemas de control.

Como primer paso se desmontó una parte del equipamiento original. Se retiró cuidadosamente toda la tubería existente asociada al sistema.

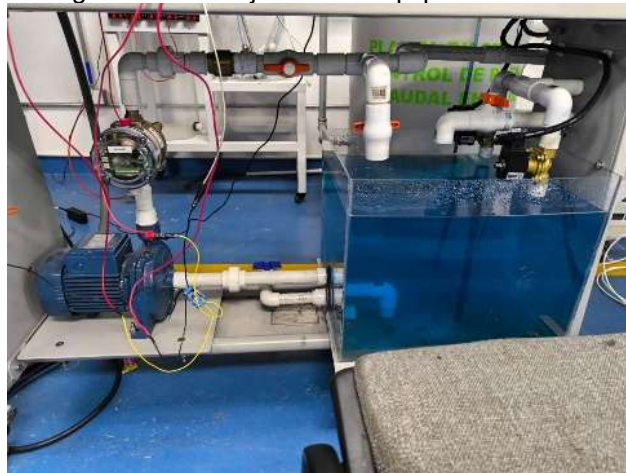
Figura 21. Desmontaje del equipamiento original



Fuente. Autor

Luego se procedió a instalar una nueva tubería, seleccionada conforme a los requerimientos técnicos del nuevo sistema. La tubería se fijó firmemente sobre el banco de trabajo, asegurando la compatibilidad con los nuevos dispositivos.

Figura 22. Montaje final de equipos en tubería

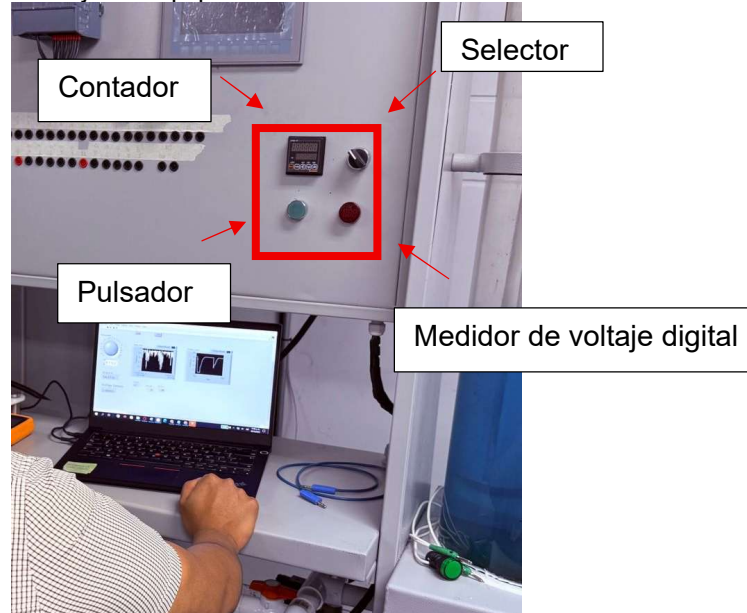


Fuente. Autor

El siguiente paso fue la adecuación del tablero principal del banco. Se realizaron mediciones precisas sobre el panel, marcando los puntos exactos donde se ubicarían el pulsador, el contador, el medidor de voltaje digital y el selector.

Con el paso anterior completado, se realizó el montaje de los equipos, fijando cada componente en su lugar y verificando la correcta alineación y firmeza de su sujeción.

Figura 23. Montaje de equipos de sistema de medición de caudal



Fuente. Autor

La siguiente fase implicó el cableado integral del sistema. Se realizó la interconexión de todos los dispositivos según el esquema eléctrico planificado, respetando los códigos de colores, tipos de conductores y normas de seguridad eléctrica.

Figura 24. Cableado de parte eléctrica



Fuente. Autor

Una vez verificado el sistema en su totalidad, se energizó el banco y se configuró el contador para posteriormente realizar pruebas funcionales, evaluando la respuesta de los equipos instalados tanto en modo manual como automático.

Figura 25. Banco de nivel con ajustes



Fuente. Autor

4.2.6. Configuración del Autonics CT6S – 1P4

Para realizar la configuración del autonics en su función o modo contador se realizó una prueba preliminar para hallar valor del volumen enviado y el valor de los pulsos que se muestran en la pantalla en el MODE SCL.

Para configurar y modificar los parámetros del visualizador autonics se deben seguir las instrucciones dadas a continuación:

Figura 26. Autonics en su pantalla principal.



Fuente. Autor

Presionar la tecla MODE durante cuatro segundos para ingresar al menú del autonics y seleccionar la función en modo CoUn (Contador).

Figura 27. Autonics en su función contador.



Fuente. Autor

Configurar el contador de forma ascendente o descendente, para esta aplicación se selecciona la entrada en Ud-A (ascendente).

Figura 28. Configuración del contador en forma ascendente.



Fuente. Autor

Seleccionar la salida OUT en “n”, lo que indica terminar con el conteo programado.

Figura 29. Salida “Out” en configuración n.



Fuente. Autor

Seleccionar CPS (ciclos por segundo) en 30 milisegundos (valor arbitrario), es la velocidad de frecuencia de entrada, nos va a indicar que tan rápido se va a comportar el contador para recibir la señal.

Figura 30. Velocidad del conteo de dosificación.



Fuente. Autor

Seleccionar valor de lectura dP (punto decimal), variar la configuración de los decimales que se deseen colocar (se prefiere no modificar).

Figura 31. Valor de lectura de decimales.



Fuente. Autor

Seleccionar rST en 1 (reset), esto nos indica el tiempo de reinicio del contador en milisegundos.

Figura 32. Tiempo de reinicio del conteo.



Fuente. Autor

Seleccionar SIG (singularidad) en nPn, identifica el flujo de corriente, negativa-positiva-negativa, interruptor directo conectado a tensión negativa. Recomendado para la aplicación.

Figura 33. Valor de flujo de corriente preestablecido.



Fuente. Autor

Seleccionar SC.dP (escala del punto decimal), puntos decimales en la escalada.

Figura 34. Puntos decimales en la escalada.



Fuente. Autor

Seleccionar SCL (valor de la pre escala), indica el valor del volumen, pero en pulsos, se modifica si los valores de los volúmenes no coinciden. Los pulsos son inversamente proporcionales, es decir para disminuir el valor de un volumen se debe aumentar el valor del pulso.

Figura 35. Valor de pre escala SCL.



Fuente. Autor

Seleccionar Strt (start), indica el rango del punto de inicio del conteo. Ceros (000) por defecto

Figura 36. Valor de inicio del conteo.



Fuente. Autor

Seleccionar dATA en CLr, indica la protección de la memoria y el reset de los valores ingresados.

Figura 37. Protección de memoria.



Fuente. Autor

Seleccionar Lock, aquí se habilita o se deshabilita el bloqueo para modificar los valores indicados de ser necesario.

Figura 38. Función bloqueo de valores.



Fuente. Autor

4.3. BANCO DE DESPULPADO Y ENVASADO DE PULPA DE MORA

Figura 39. Banco de despulpado de mora



Fuente. Autor

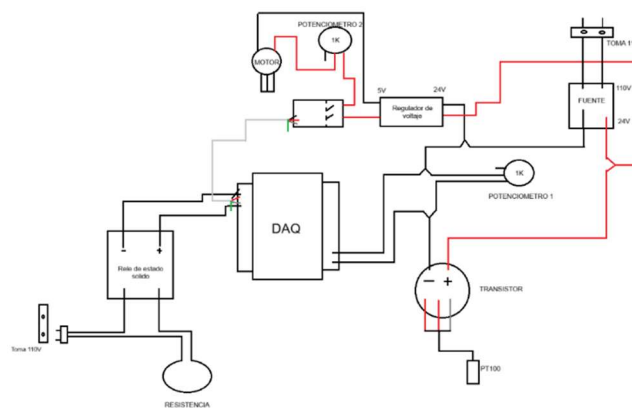
4.3.1. Monitoreo y control de temperatura

El banco de despulpado de mora muestra el control y monitoreo de temperatura mediante un sensor de temperatura y una resistencia eléctrica. El sistema utiliza un sensor PT100 que envía la señal al módulo DAQ, permitiendo visualizar la temperatura en tiempo real y compararla con un set point definido por el usuario.

A través del programa en LabVIEW, utiliza un control ON/OFF, donde la resistencia se activa cuando la temperatura es menor al valor deseado y se desactiva al alcanzarlo. Además, el sistema registra los datos y muestra las variaciones en una gráfica, facilitando el análisis del comportamiento térmico del proceso.

4.3.2. Circuito eléctrico del control y monitoreo de temperatura

Figura 40. Circuito eléctrico monitoreo de temperatura



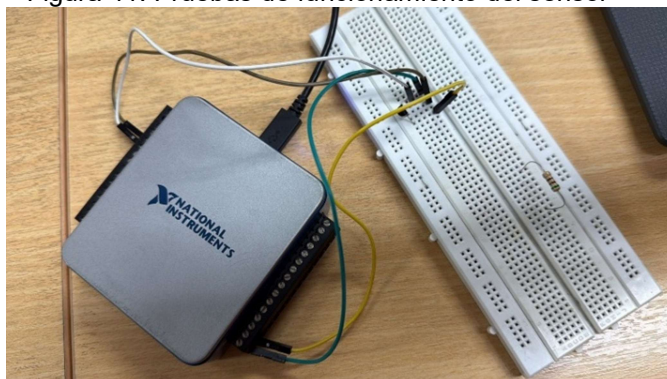
Fuente. Autor

4.3.3. Prueba 1 para el control de temperatura con TMP36

Inicialmente, se llevaron a cabo pruebas preliminares con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de los elementos gráficos y la adecuada comunicación entre los componentes del sistema. Estas pruebas permitieron

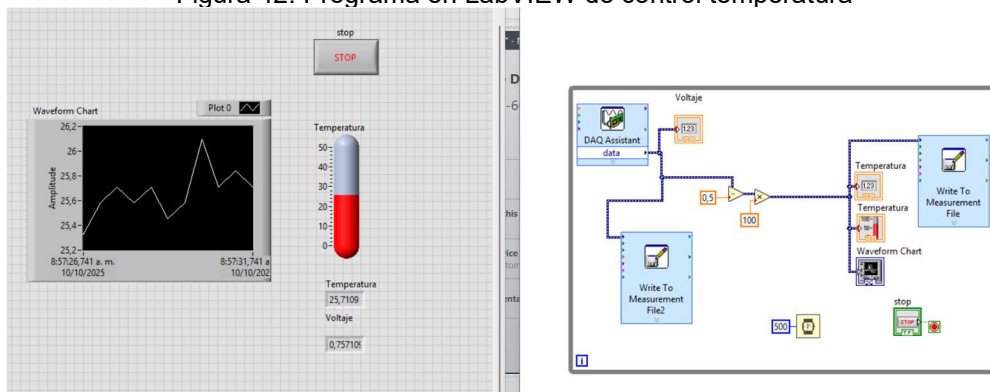
verificar la respuesta de los indicadores, gráficos y controles, así como ajustar los parámetros necesarios para lograr una visualización clara, precisa y funcional del proceso en tiempo real.

Figura 41. Pruebas de funcionamiento del sensor



Fuente. Autor

Figura 42. Programa en LabVIEW de control temperatura



Fuente. Autor

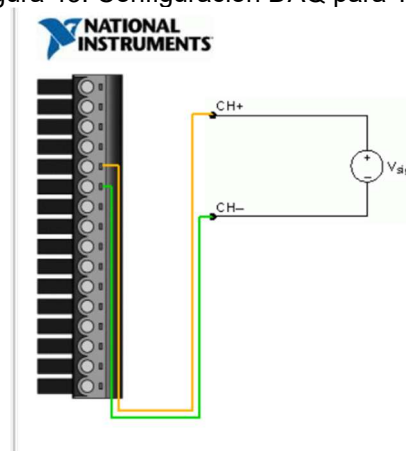
A partir de la interfaz mostrada en la figura 46 se obtienen los datos de voltaje y temperatura medidos por el sensor TMP36, los cuales son adquiridos y procesados en tiempo real mediante el sistema de adquisición de datos. Para convertir el voltaje leído en el valor correspondiente de temperatura, se aplica la fórmula característica del sensor TMP36.

$$T(^{\circ}C) = (V_{out} - 0.5) \times 100$$

El diagrama de bloques contiene la lógica del programa, donde se procesan las señales provenientes del sensor.

El bloque del DAQ se configura para adquirir una señal analógica desde un canal del sistema de adquisición de datos. El sensor TMP36 entrega un voltaje proporcional a la temperatura, por lo que el DAQ Assistant capta esta señal y la envía al resto del diagrama. Su configuración es la siguiente:

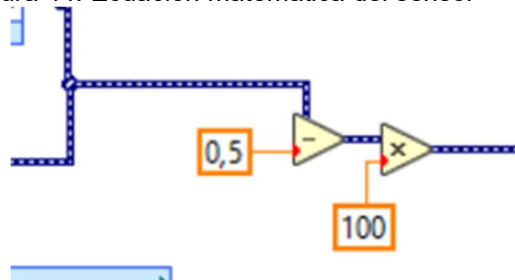
Figura 43. Configuración DAQ para TMP36



Fuente. Autor

El valor de voltaje obtenido por el DAQ se convierte en temperatura utilizando la ecuación característica del sensor TMP36.

Figura 44. Ecuación matemática del sensor



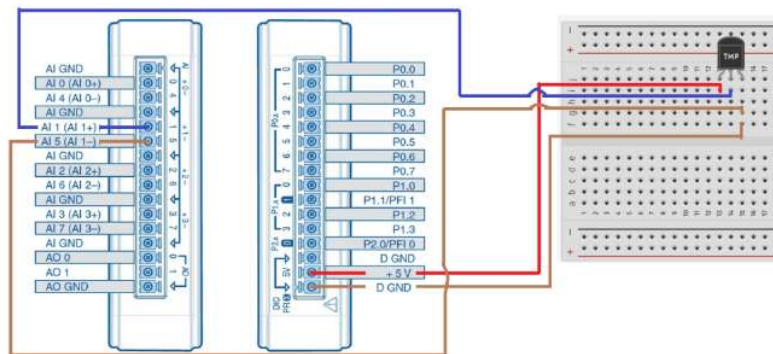
Fuente. Autor

A la salida de esta ecuación, se conecta la salida de temperatura para mostrar la variación de la señal en tiempo real dentro del Panel Frontal, del mismo modo, se

añaden las salidas de temperatura y voltaje a sus respectivos indicadores, esto permite observar los valores simultáneamente en el panel frontal.

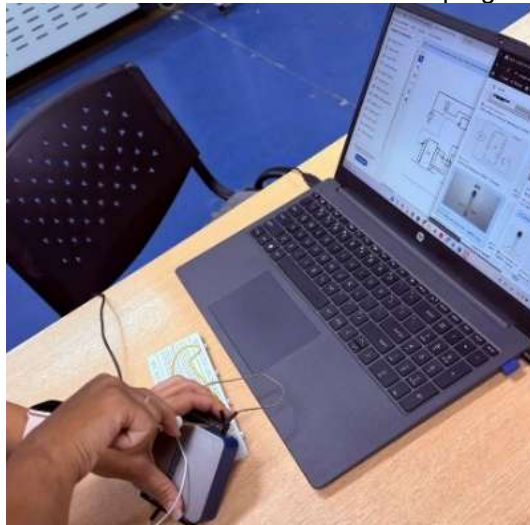
Para el funcionamiento de la tarjeta, el pin de alimentación del sensor (V_s) se conecta al voltaje de +5 V, el pin de salida (V_{out}) se conecta a la entrada analógica AI0 de la DAQ y el pin de tierra (GND) se une al GND común del sistema. La conexión del circuito con el termistor se observa en la figura 31.

Figura 45. Conexión del circuito



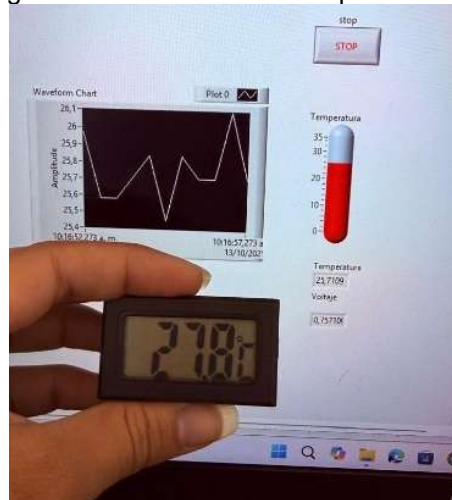
Fuente. Autor

Figura 46. Pruebas de funcionamiento del programa



Fuente. Autor

Figura 47. Verificación de temperatura

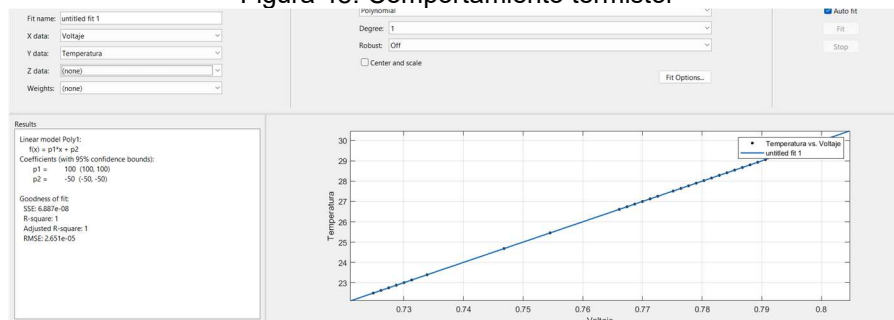


Fuente. Autor

Los datos obtenidos por el termistor se tabularon y se graficaron en la herramienta MATLAB, para observar el comportamiento de la temperatura en función del tiempo.

Este análisis gráfico facilita la interpretación de la respuesta térmica del sistema y la verificación del correcto funcionamiento del sensor dentro del rango de operación establecido.

Figura 48. Comportamiento termistor



Fuente. Autor

4.3.4. Prueba 2 para el control de temperatura- Caracterización PT100

Se ajustaron y repararon las conexiones eléctricas del banco de pruebas que presentaban fallas o deterioro, para restablecer la continuidad del circuito y garantizar un funcionamiento seguro y confiable del sistema durante las prácticas experimentales.

Figura 49. Mejora de conexiones Banco temperatura

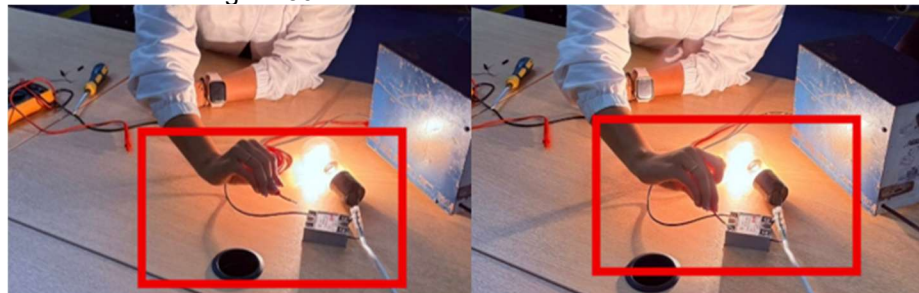


Fuente. Autor

Se realizó la prueba de funcionamiento del relé, como se muestra en la Figura 54, verificando inicialmente que el componente recibiera correctamente el voltaje de suministro.

Durante el ensayo se evidenció que, al abrir o cerrar el circuito, el relé no ejecuta la conmutación esperada.

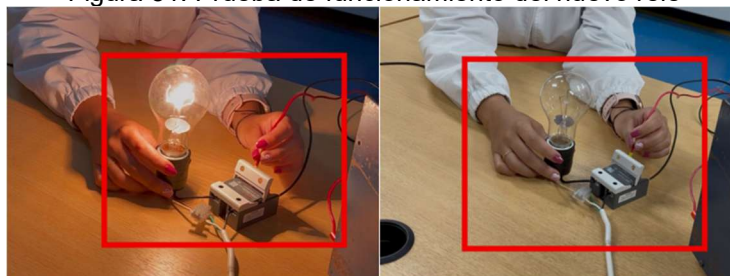
Figura 50. Prueba de funcionamiento del relé



Fuente. Autor

Se decidió reemplazar el componente por un nuevo con las mismas características eléctricas evidenciado en la figura 55, asegurando su compatibilidad con el sistema.

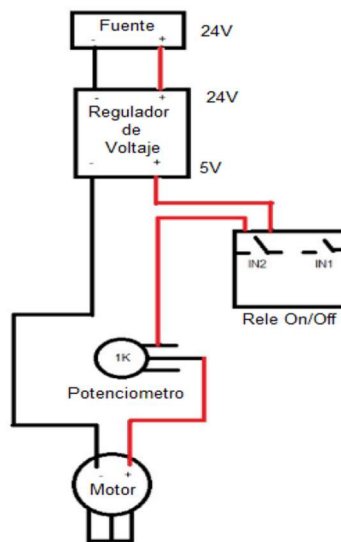
Figura 51. Prueba de funcionamiento del nuevo rele



Fuente. Autor

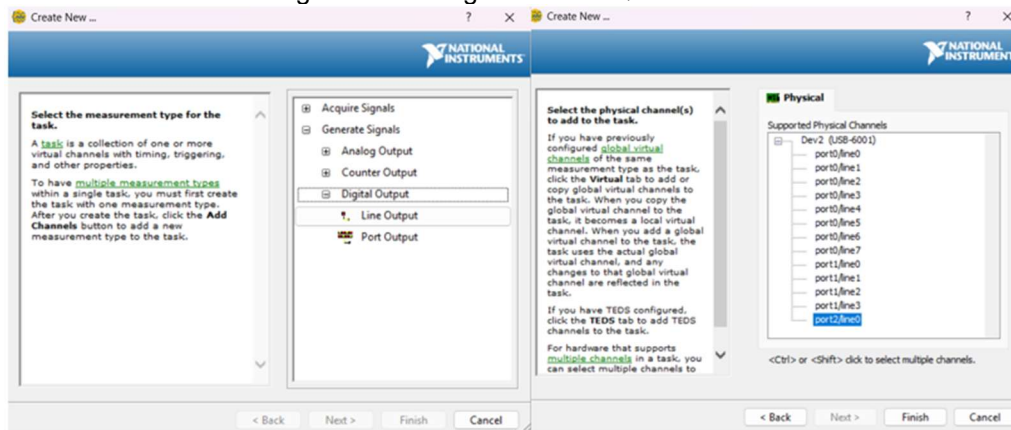
Teniendo todos los equipos conectados correctamente, se realizó la prueba de funcionamiento del motor como se en la figura 58, utilizando la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), su configuración se observa en la figura 57, verificando la correcta respuesta del sistema ante las señales de control enviadas desde el software. La conexión eléctrica del motor con el DAQ se muestra en la Figura 56.

Figura 52. Conexión del motor



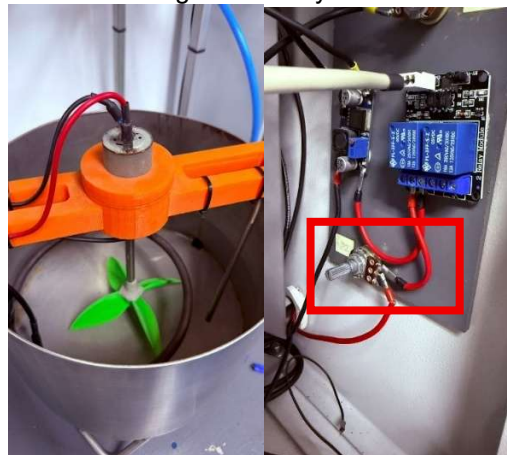
Fuente. Autor

Figura 53. Configuración DAQ del motor



Fuente. Autor

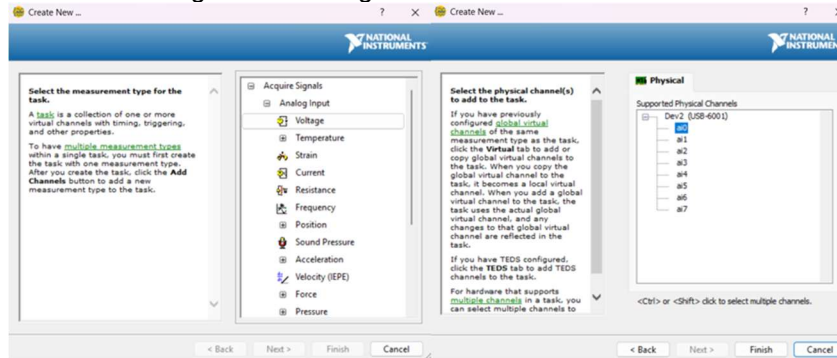
Figura 54. Motor homogeneizador y conexión eléctrica



Fuente. Autor

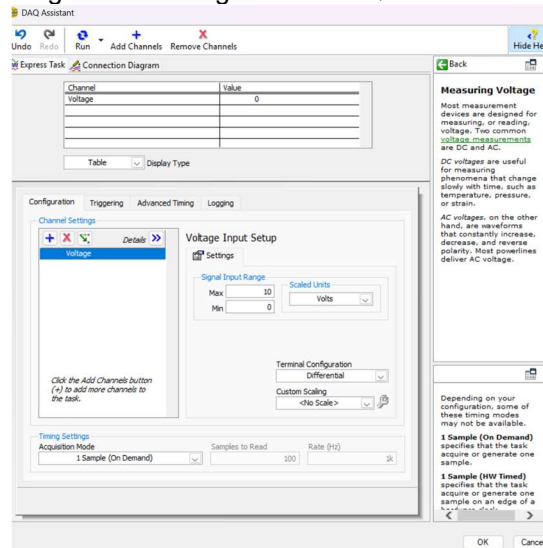
Se verificó el funcionamiento del sensor de temperatura PT100 conectado al sistema de adquisición de datos (DAQ), mostrado en la figura 59, 60 y 61, para asegurar una correcta lectura y conversión de la señal analógica. La configuración del sensor se estableció siguiendo el esquema de conexión de tres hilos, para compensar la resistencia de los conductores y obtener mediciones más precisas.

Figura 55. Configuración DAQ PT100



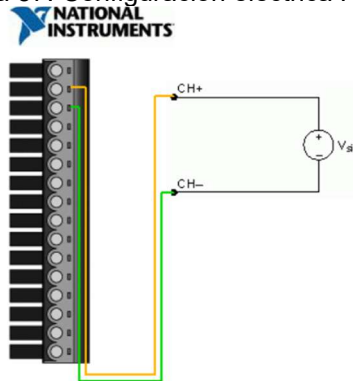
Fuente. Autor

Figura 56. Configuración DAQ PT100



Fuente. Autor

Figura 57. Configuración eléctrica PT100

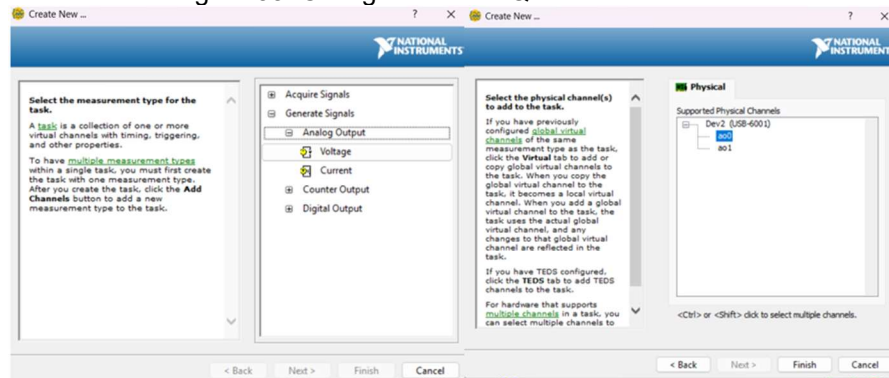


Fuente. Autor

Se observó que, al aumentar la temperatura aplicada al sensor PT100, se produce una variación proporcional en el voltaje registrado por el DAQ, confirmando su correcto funcionamiento.

Seguido de esto, se realizó la verificación del funcionamiento de la resistencia calefactora, conectando sus terminales a una fuente de alimentación de 110V. Los resultados mostraron un correcto funcionamiento de la resistencia, generando el calor esperado al ser energizada. Su configuración con el DAQ se observa en la figura 62.

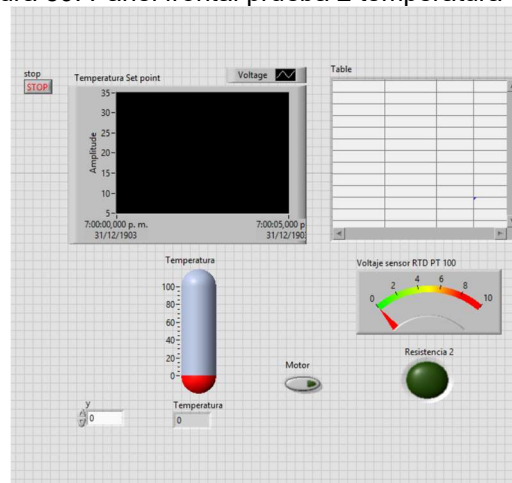
Figura 58. Configuración DAQ resistencia



Fuente. Autor

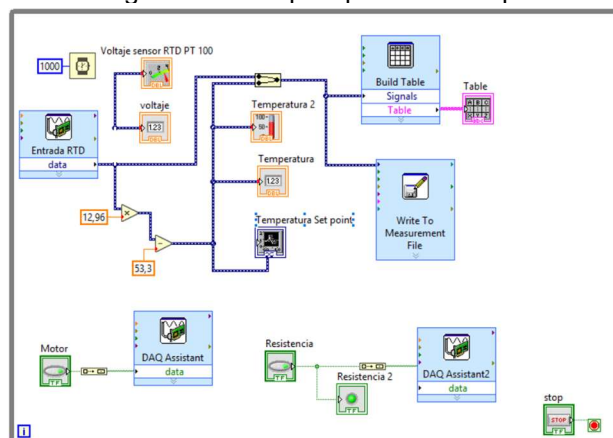
Con las configuraciones y conexiones verificadas de los sensores conectados al DAQ, se ejecutó la prueba del programa completo desarrollado en LabVIEW.

Figura 59. Panel frontal prueba 2 temperatura



Fuente. Autor

Figura 60. Diagrama de bloques prueba 2 temperatura



Fuente. Autor

Luego de tener el programa funcional y la verificación del buen estado de todos los componentes se hace el escalamiento del sensor que se realizó dos veces para mayor confiabilidad.

Inicialmente en la prueba 1 se calentó el líquido con ayuda de la resistencia y se utilizó un termómetro digital para medir la temperatura del líquido y al tiempo se midió la señal que envía el sensor en voltaje. Los resultados se registraron en la figura 65 a continuación.

Figura 61. Tabla de datos prueba 1

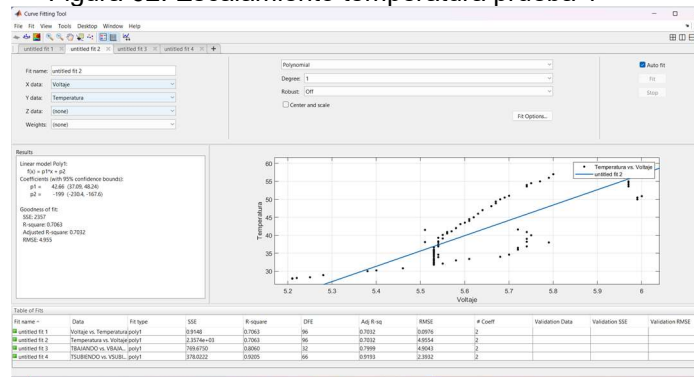
Temperatura Subiendo	Voltaje Subiendo		Temperatura Bajando	Voltaje Bajando
40.9	5.56		40.9	5.74
40.1	5.55		40	5.75
39.1	5.55		39	5.74
38.3	5.54		38.2	5.74
38.1	5.51		38	5.79
36.9	5.54		36.9	5.74

Fuente. Autor

Los voltajes subiendo y bajando no son exactamente iguales para las mismas temperaturas. Se evidencia que el voltaje es ligeramente mayor cuando la temperatura baja. Esto indica que el sensor presenta histéresis, es decir, su salida depende no solo de la temperatura actual, sino también del historial térmico previo.

Con ayuda de Matlab se grafican los datos totales obtenidos

Figura 62. Escalamiento temperatura prueba 1



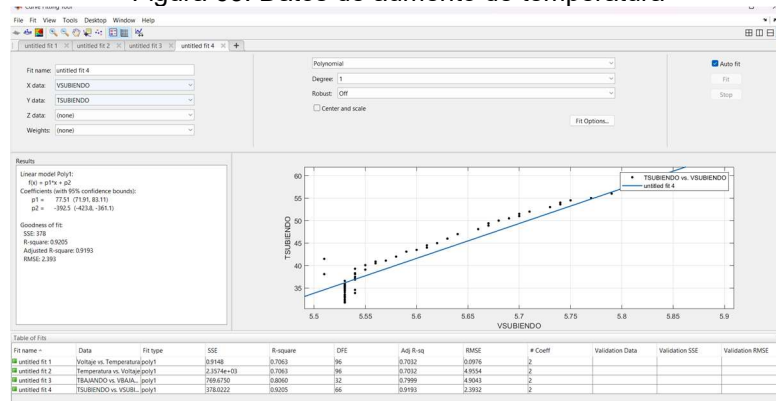
Fuente. Autor

Y se obtiene la siguiente ecuación

$$T = 42.66(v) - 199$$

Se obtuvo un r^2 de 0.7 (valor muy bajo), por este motivo se decidió graficar los datos en dos partes, uno con los datos obtenidos de la temperatura aumentando y otro con los datos obtenidos de la temperatura disminuyendo.

Figura 63. Datos de aumento de temperatura

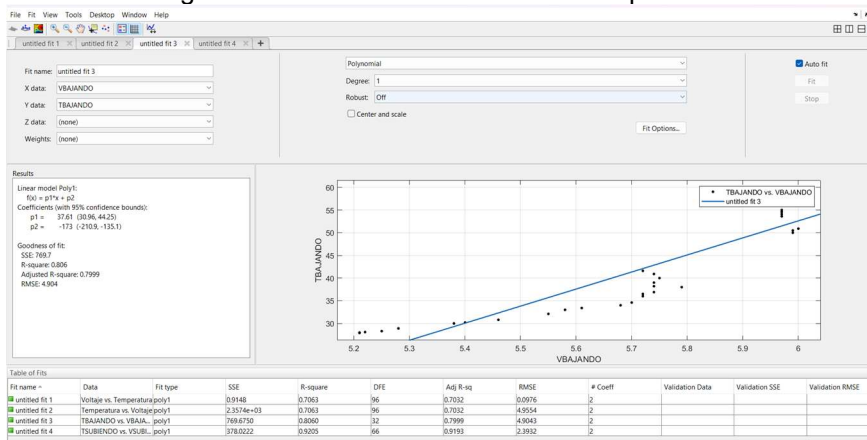


Fuente. Autor

Se evidencia una mejora en el r^2 a un 0.92 y una ecuación de la siguiente manera:

$$T = 77.51(v) - 392.5$$

Figura 64. Datos de disminución de temperatura



Fuente. Autor

Se evidencia una mejora en el r^2 a un 0.80 y una ecuación de la siguiente manera:

$$T = 37.61(v) - 173$$

Estos datos obtenidos se tuvieron que promediar para implementar la ecuación de la recta en el programa en LabVIEW

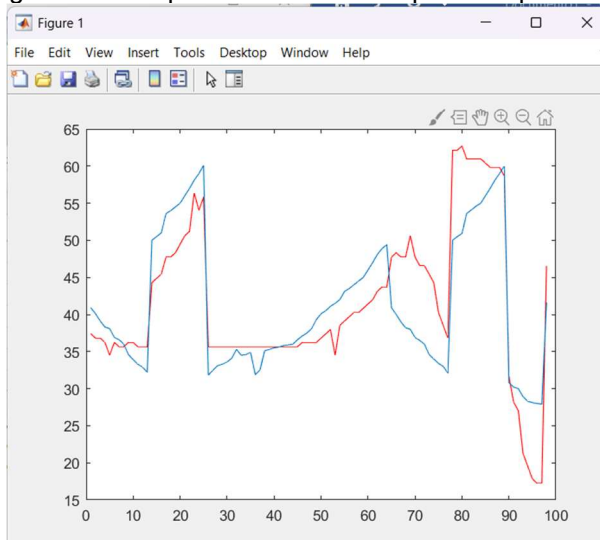
$$m_{media} = \frac{77.51 + 42.66}{2} = 57.56$$

$$b_{media} = \frac{-392.5 - 199}{2} = -282.75$$

$$T_{media} = 57.56(v) - 282.75$$

Adicional a esto, se calculó el error al implementar un promedio para la ecuación y se grafica la temperatura real y la temperatura promedio como se observa en el paso 1 de la figura 72, la gráfica obtenida es la siguiente.

Figura 65. Temperatura real vs. temperatura promedio



Fuente. Autor

En la Figura 69 se observan las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo; la línea roja corresponde a las temperaturas promedio esperadas del proceso, y la línea azul las temperaturas medidas por el sistema de adquisición de datos.

A simple vista se observa que ambas curvas siguen un comportamiento similar, aunque existen diferencias en ciertos intervalos, especialmente durante los cambios

bruscos de temperatura. Estas diferencias se deben a fluctuaciones del sistema real, ruido de medición o retrasos en la respuesta térmica del sensor.

Para cuantificar la precisión del sistema de medición, se calcularon los indicadores estadísticos el error cuadrático medio (MSE), la raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el error porcentual absoluto medio (MAPE).

Primero se calculó el error cuadrático medio, para esto fue necesario aplicar por la ecuación de la figura 70, empezando por la diferencia de temperaturas y posteriormente el cuadrado de estas diferencias como se indica en el paso dos de la figura 72, seguido de esto se calcula la raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), con la ecuación de la figura 71

Figura 66. Error cuadrático medio

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Fuente. Autor

El valor del MSE de 31.1728 indica que el promedio de las diferencias cuadráticas entre las temperaturas reales y las estimadas es moderado, lo que refleja que existen ciertas desviaciones, especialmente en los intervalos donde ocurren cambios bruscos de temperatura.

Figura 67. Raíz del error cuadrático medio

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2}$$

Fuente. Autor

El RMSE expresa un error promedio real de aproximadamente 5.6°C, lo que significa que, en promedio, las mediciones del sistema se desvían en ese rango con respecto a los valores esperados.

Para complementar, se calculan los valores máximos de las diferencias de las temperaturas, obteniendo así una temperatura diferencial de 10.76 °C, adicional se calcula la diferencia cuadrada máxima, la media y el valor del percentil, como se observa en el paso 3 de la figura 72.

Figura 68. Código en Matlab parte 1

```

>> load('practicatemperatura.mat')
>> Tmedia=57.56*Voltaje-282.65;
>> figure, plot(Tmedia,'r'),hold on, plot(Temperatura)
>> Diferencia=Temperatura-Tmedia;
>> Difcuadrado=Diferencia.*Diferencia;
>> max(Diferencia)
ans =
    10.7624
>> max(Difcuadrado)
ans =
    159.3250
>> mean(Difcuadrado)
ans =
    31.1728
>> prctile(Difcuadrado, [25,50,75])
ans =
    3.4879    14.3301    38.1924
    
```

Fuente. Autor

Teniendo esta diferencia de los cuadrados de las temperaturas se calculó el error cuadrático medio (MSE) con la ecuación de la figura 70, y posterior a esto la raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), cómo se observa en el paso 4 de la figura 74

Para calcular el porcentaje de error de este proceso (MAPE), con la ecuación de la figura 73, se calculó inicialmente la sumatoria de las diferencias relativas como se observa en el paso 5 de la figura 74.

Figura 69. Error porcentual absoluto medio (MAPE)

$$MAPE = 100 \times \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

Fuente. Autor

El MAPE de 11.3 % indica que el error promedio relativo del sistema respecto a las temperaturas reales es del 11 %.

Figura 70. Código en Matlab parte 2

```

ans =
    3.4879    14.3301    38.1924

>> MSE=(1/length(Tmedia))*sum(Difcuadrado)
MSE =
    31.1728

>> RMSE=sqrt((sum(Difcuadrado))/length(Tmedia))
RMSE =
    5.5833

>> Diferenciarelativa=abs((Temperatura-Tmedia)./Temperatura)
>> acumdifrel=sum(Diferenciarelativa)
acumdifrel =
    11.0706

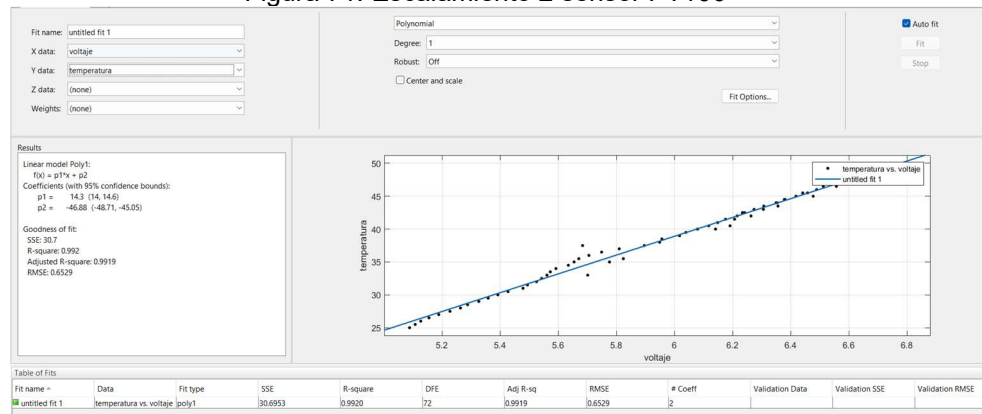
>> MAPE=((1/(length(Temperatura)))*acumdifrel)*100
MAPE =
    11.2965
    
```

Name	Value
acumdifrel	11.0706
ans	[3.4879,14.3301,38.1924]
Difcuadrado	98x1 double
Diferencia	98x1 double
Diferenciarelativa	98x1 double
Error	31.1728
Errormedio	5.5833
MAPE	11.2965
MSE	31.1728
RMSE	5.5833
TBAIANDO	34x1 double
Temperatura	98x1 double
Tmedia	98x1 double
TSUBIENDO	68x1 double
VBAIANDO	34x1 double
Voltaje	98x1 double
VSUBIENDO	68x1 double

Fuente. Autor

Se repitió el proceso de escalamiento, con el fin de verificar la precisión de las mediciones y la coherencia entre las señales adquiridas. Los datos obtenidos por el sensor de voltaje y el termómetro digital fueron procesados y graficados en MATLAB (figura 75), evidenciando la correcta correspondencia entre ambas variables.

Figura 71. Escalamiento 2 sensor PT100



Fuente. Autor

Se observa que los datos anteriormente tomados para la prueba 1 presentaban un error y sí es posible evidenciar en la misma gráfica los datos obtenidos aumentando y disminuyendo la temperatura en la misma gráfica, la histéresis calculada es

$$Histeresis\ máxima = \frac{Diferencia\ de\ voltaje\ máxima}{Span} * 100$$

$$Histeresis\ máxima = \frac{0.21238}{1.23313} * 100$$

$$Histeresis\ máxima = 17.2\ \%$$

4.3.5. Prueba 3 para el control de temperatura- Función de transferencia del banco de temperatura

Posterior al proceso de caracterización del sensor PT100, se inició el proceso para encontrar la función de transferencia con la metodología de la práctica del Manual Banco de Temperatura ubicado en el anexo C.

Luego de la toma de datos, se importaron los datos desde MATLAB.

Figura 72. Datos importados

Name	Value
Qmedia	26.7217
T10	18x1 double
T12	15x1 double
T14	13x1 double
T16	12x1 double
T18	[25.9052;25.9523;...
T2	91x1 double
T20	[26.2236;26.3720;...
T20_2	[25.2022;25.1902;...
T22	[25.7891;25.9180;...
T2_2	90x1 double
T2_3	90x1 double
T4	46x1 double
T6	31x1 double
T8	22x1 double

Fuente. Autor

Y se calcularon las temperaturas promedio:

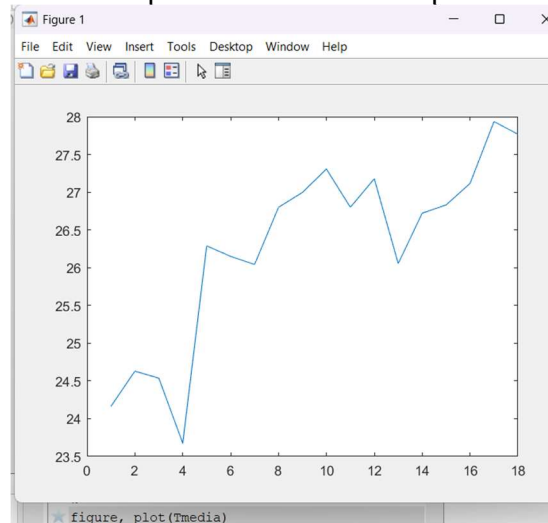
Figura 73. Código en matlab

```
>> Qmedia=mean(T2)
Qmedia =
    24.1630
>> Qmedia=mean(T4)
Qmedia =
    23.6750
>> Qmedia=mean(T6)
Qmedia =
    26.2886
>> Qmedia=mean(T8)
Qmedia =
    26.1496
>> Qmedia=mean(T2_2)
Qmedia =
    26.6291
>> Qmedia=mean(T2_3)
Qmedia =
    24.5372
>> Qmedia=mean(T10)
Qmedia =
    26.0420
>> Qmedia=mean(T12)
Qmedia =
    26.7996
>> Qmedia=mean(T14)
Qmedia =
    26.9972
>> Qmedia=mean(T16)
Qmedia =
    27.3064
>> Qmedia=mean(T18)
Qmedia =
    26.8001
>> Qmedia=mean(T20)
Qmedia =
    27.1776
>> Qmedia=mean(T20_2)
Qmedia =
    26.0544
>> Qmedia=mean(T22)
Qmedia =
    26.7217
```

Fuente. Autor

A partir de las temperaturas medias obtenidas de todas las pruebas, se generó la gráfica mediante el comando “figure, plot” en MATLAB.

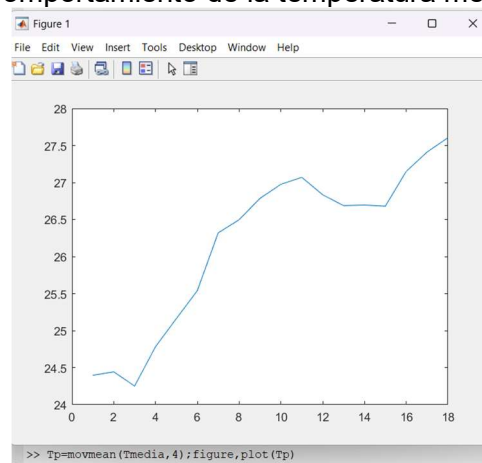
Figura 74. Comportamiento de la temperatura media



Fuente. Autor

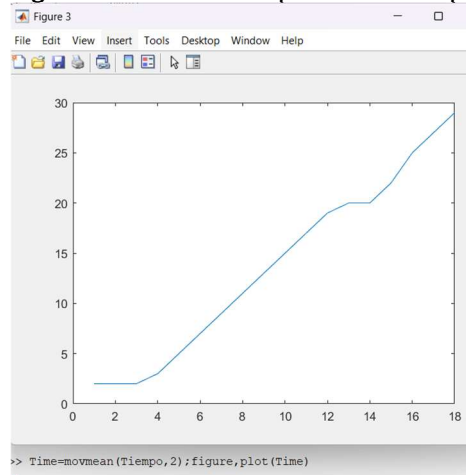
Como la figura obtenida presentó variaciones abruptas provenientes de ruido que provocan los picos observados en la figura 78, se suaviza la señal de temperatura vs tiempo y ancho de pulso vs tiempo con el comando `figure, plot(Tmedia)`, con el fin de obtener una función de transferencia a partir de una señal más limpia.

Figura 75. Comportamiento de la temperatura media suavizada



Fuente. Autor

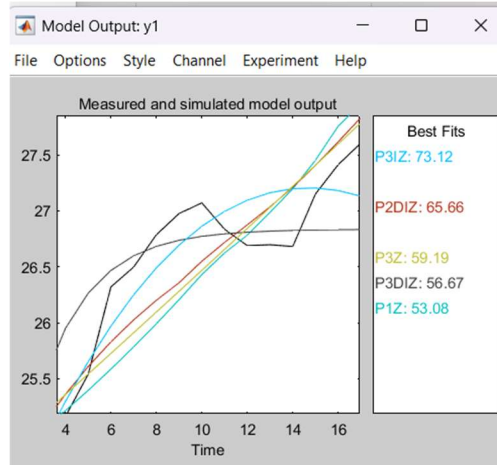
Figura 76. Ancho de pulso vs tiempo



Fuente. Autor

Una vez ambas señales en óptimas condiciones, utilizando la herramienta IDENT se calculó la función de transferencia.

Figura 77. Modelo de la función de transferencia



Fuente. Autor

Para garantizar repetibilidad en la prueba, se realizaron nuevamente los pasos anteriores en una segunda prueba

Figura 78. Datos importados prueba 2

Name	Value
T10	31x1 double
T12	32x1 double
T13	32x1 double
T15	22x1 double
T152	22x1 double
T16	22x1 double
T17	18x1 double
T18	20x1 double
T19	20x1 double
T20	16x1 double
T22	16x1 double
T23	14x1 double
T24	14x1 double
T25	13x1 double
T26	15x1 double
T27	15x1 double
T28	15x1 double
T30_1	12x1 double
T30_2	12x1 double
T30_3	13x1 double
T30_4	15x1 double
T5_1	61x1 double
T5_2	61x1 double
T5_3	62x1 double
T5_4	62x1 double
T6	62x1 double
T7	62x1 double
T8	62x1 double
Tmedia	25.5365

Fuente. Autor

Figura 79. Código matlab prueba 2

```

>> Tmedia=mean(T5_1)
Tmedia =
    24.4249
>> Tmedia=mean(T5_2)
Tmedia =
    24.8389
>> Tmedia=mean(T5_3)
Tmedia =
    25.4091
>> Tmedia=mean(T5_4)
Tmedia =
    25.5365

>> Tmedia=mean(T6)
Tmedia =
    24.6658
>> Tmedia=mean(T7)
Tmedia =
    24.5473
>> Tmedia=mean(T8)
Tmedia =
    25.1802
>> Tmedia=mean(T10)
Tmedia =
    24.8703
>> Tmedia=mean(T12)
Tmedia =
    25.2635

>> Tmedia=mean(T15)
Tmedia =
    25.0420
>> Tmedia=mean(T15_2)
Tmedia =
    24.9321
>> Tmedia=mean(T16)
Tmedia =
    25.0550
>> Tmedia=mean(T17)
Tmedia =
    25.2868
>> Tmedia=mean(T18)
Tmedia =
    25.5866

>> Tmedia=mean(T19)
Tmedia =
    25.3322
>> Tmedia=mean(T19)
Tmedia =
    25.3322
>> Tmedia=mean(T20)
Tmedia =
    25.1974
>> Tmedia=mean(T22)
Tmedia =
    25.1072
>> Tmedia=mean(T24)
Tmedia =
    25.1966

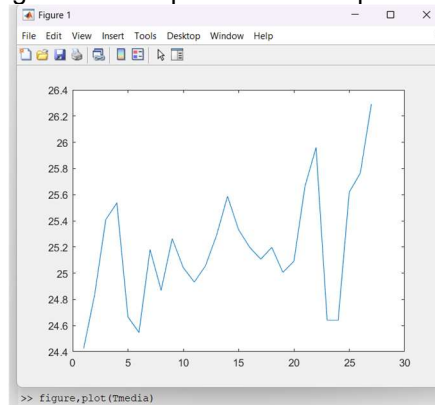
>> Tmedia=mean(T25)
Tmedia =
    25.0064
>> Tmedia=mean(T26)
Tmedia =
    25.0909
>> Tmedia=mean(T27)
Tmedia =
    25.6637
>> Tmedia=mean(T28)
Tmedia =
    25.9597
>> Tmedia=mean(T30_1)
Tmedia =
    24.6423

>> Tmedia=mean(T30_2)
Tmedia =
    25.6190
>> Tmedia=mean(T30_3)
Tmedia =
    25.7646
>> Tmedia=mean(T30_4)
Tmedia =
    26.2921

```

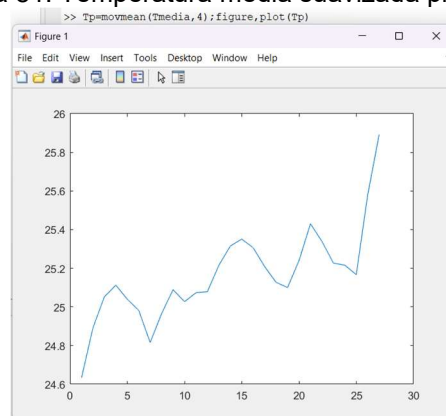
Fuente. Autor

Figura 80. Temperatura media prueba 2



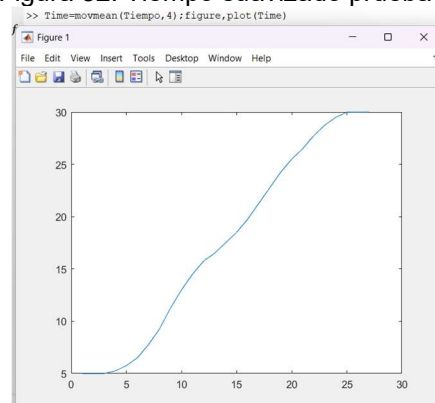
Fuente. Autor

Figura 81. Temperatura media suavizada prueba 2



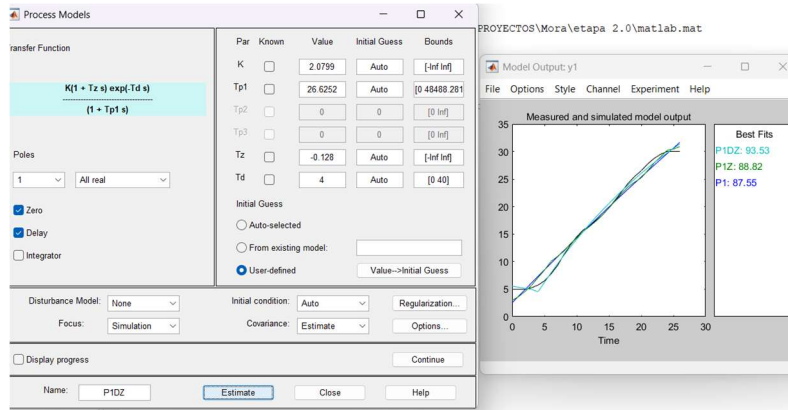
Fuente. Autor

Figura 82. Tiempo suavizado prueba 2



Fuente. Autor

Figura 83. Modelo de la función de transferencia prueba 2



Fuente. Autor

Figura 84. Función de transferencia prueba 2

```
>> H=tf(P1DZ)

H =

From input "u1" to output "y1":
      -0.2662 s + 2.08
exp(-4*s) * -----
              26.63 s + 1

Name: P1DZ
Continuous-time transfer function.
```

Fuente. Autor

4.4. Acompañamiento y asesorías a estudiantes de Sistemas de control

A lo largo del periodo académico 2025-II, se realizaron las prácticas correspondientes a las asignaturas de Sistemas de Control, Instrumentos Virtuales y SCADA. Los estudiantes aplicaron los conocimientos teóricos adquiridos mediante el uso de herramientas de simulación y programación como MATLAB y LabVIEW.

Durante estas sesiones se desarrollaron actividades enfocadas en la implementación, análisis y monitoreo de sistemas de control, desde la configuración de sensores y actuadores hasta la creación de interfaces gráficas y la adquisición de datos en tiempo real. Estas prácticas permitieron a los estudiantes fortalecer sus

habilidades en el manejo de software especializado, comprender la dinámica de los procesos industriales simulados y afianzar su capacidad de diseño y ajuste de sistemas automatizados de control.

Figura 85. Horario de atención a estudiantes

**AUXILIAR LABORATORIO DE
AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE
CONTROL
2025-2**

Lisney Carolina García Ortiz



DIA	HORA	HORA
LUNES		3:00 PM - 8:00 PM
MARTES	8:00 AM - 1:00 PM	
JUEVES		2:00 PM - 5:00 PM
VIERNES	6:00 AM - 12:00 PM	1:30 PM - 9:00 PM
SABADO	6:00 AM - 12:00 PM	1:30 PM - 9:00 PM

3024544714
garcialis180@uts.edu.co





#SOYUTEÍSTA

Fuente. Autor

4.5. Manuales de practicas

Recopilando toda la investigación anterior que incluye, los equipos de cada banco, la fundamentación teórica necesaria para la realización de cada práctica, los pasos específicos a seguir, y el trabajo a realizar, se elaboró un documento que será de gran ayuda para los estudiantes al realizar cada práctica.

4.5.1. Manual de prácticas del banco de nivel de laboratorio de sistemas de control

Figura 86. Manual de prácticas del banco de nivel

	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	
Unidad Académica	Sistemas De Control	
Practica De Laboratorio	Escalamiento De Sensor Ultrasonico Y Calculo De Caudal En Banco De Nivel	
INTRODUCCIÓN		
<p>Este informe expone el desarrollo de una práctica enfocada en el análisis y escalamiento del nivel en un tanque de almacenamiento. Controlar adecuadamente el nivel de un tanque es crucial tanto para la seguridad como para la eficiencia del proceso. En cuanto a seguridad, un monitoreo adecuado previene derrames, reduciendo así el riesgo de accidentes laborales y pérdidas materiales. Por el lado de la eficiencia, mantener un control preciso del nivel permite entender mejor el funcionamiento de la bomba y prever con mayor exactitud las condiciones del sistema. Además del sistema de control utilizado para medir esta variable, se implementa</p>		

Fuente. Autor

4.5.2. Manual de prácticas del banco de riego de laboratorio de sistemas de control

Figura 87. Manual de prácticas del banco de riego

	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	
Unidad Académica	Sistemas De Control	
Practica De Laboratorio	Escalamiento De Sensor De Presión Para Simulación De Banco De Riego	
INTRODUCCIÓN		
<p>El escalado de sensores es un proceso esencial en la instrumentación y control de procesos, que implica ajustar la señal de un sensor a un rango específico para su correcta interpretación. En entornos de simulación, como en un banco de riego, el escalado preciso de sensores es fundamental para garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos durante las pruebas.</p> <p>En esta práctica, nos enfocaremos en el escalado de sensores utilizados en un banco de riego para simular diferentes condiciones de cultivo y evaluar sistemas de riego. Se explorarán técnicas para ajustar las señales de los sensores, como los caudalímetros, a los rangos adecuados de operación, lo que permitirá una interpretación precisa de los datos durante las simulaciones en el banco de riego.</p>		

Fuente. Autor

4.5.3. Manual de prácticas del banco de temperatura

Figura 88. Manual de banco de temperatura



Fuente. Autor

4.6. Inventario del laboratorio de Automatización y sistemas de control

Se realizó el inventario completo de los equipos del laboratorio de sistemas de control, registrando detalladamente el estado, referencia, ubicación y funcionalidad de cada uno de los elementos disponibles. Este proceso permitió organizar y actualizar la base de datos del laboratorio, facilitando la gestión de los recursos, el control del mantenimiento y la planificación de futuras prácticas académicas.

Figura 89. Inventario del laboratorio de Automatización y sistemas de control

A	B	C	D	E	F	G	H	I
CODIGO	CALCOMANIA	DESCRIPCION	FECHA	VALOR	CENTRO DE COSTO	DEPENDENCIA	ESTADO	RESPONSABLE
057177	2-18-A47887	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ELECTROMECANICA VIBRACIONES, CONTROL Y A	Bueno	CINDY / INSTRUM
057165	2-18-A47863	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE
057166	2-18-A47865	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE
057167	2-18-A47867	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE
057168	2-18-A47869	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE
057169	2-18-A47871	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE
057172	2-18-A47877	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	7/29/2013	534,805.00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTE

Fuente. Autor

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

4.7. Fichas técnicas de los equipos

Se elaboraron las fichas técnicas de los equipos del laboratorio de sistemas de control, recopilando información detallada sobre sus características eléctricas, funcionales y operativas.

Figura 90. Fichas técnicas de los equipos

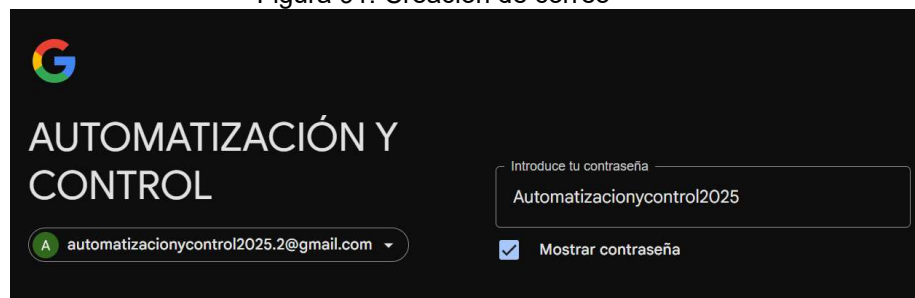
FICHA TECNICA DE MODULOS		Fecha: 03-09-2025
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		Código:
		Versión: 001-2025
Nombre del modulo	Banco de nivel	
Código inventario	2-10-A65032	
Responsable	Lisney Carolina García Ortiz	
CC. Responsable	1004860046	
Riesgos Generales		
Riesgo Eléctrico	X	Sobreesfuerzo Muscular
Riesgo por Quemadura		Postura Forzada
Riesgo por Corte o Golpe		Riesgos Por Soldadura
Exposición a Gases Refrigerantes		Riesgos Ambientales

Fuente. Autor

4.8. Creación de correo para el Laboratorio

Se creó un correo institucional para el laboratorio de sistemas de control, con el propósito de almacenar toda la información técnica y académica relacionada con los equipos, prácticas y proyectos desarrollados.

Figura 91. Creación de correo

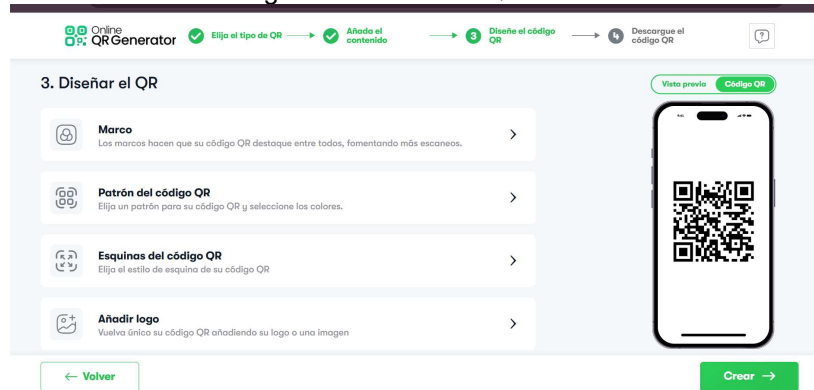


Fuente. Autor

4.8.1. QR con prácticas e información adicional

Se diseñaron y generaron códigos QR para ser impresos y adheridos a los bancos didácticos del laboratorio y así facilitar el acceso inmediato a la información de las prácticas correspondientes.

Figura 92. Creación QR



Fuente. Autor

5. RESULTADOS

5.1. Banco de Riego

A pesar de los esfuerzos de investigación, pruebas y posibles soluciones, no se logró el funcionamiento del sensor SBY321, debido a una falla irreparable en el equipo.

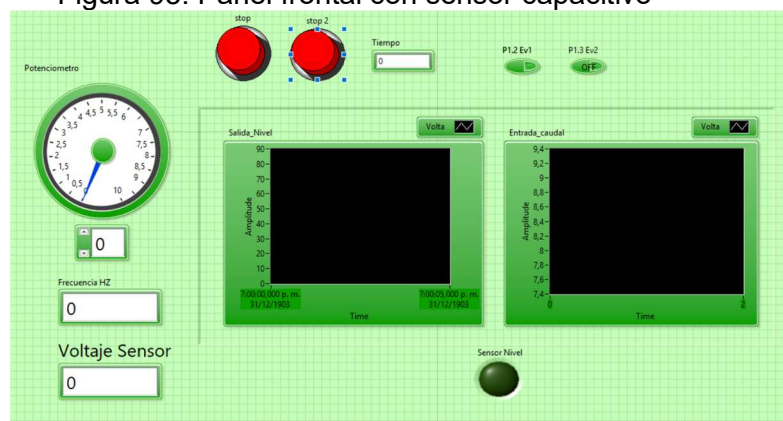
En la figura 11 se observa el resultado satisfactorio del panel frontal del programa de control del banco de Presión y Caudal.

5.2. Banco de nivel

Se logró configurar el variador correctamente y se realizó el circuito eléctrico del sistema observado en la figura 15.

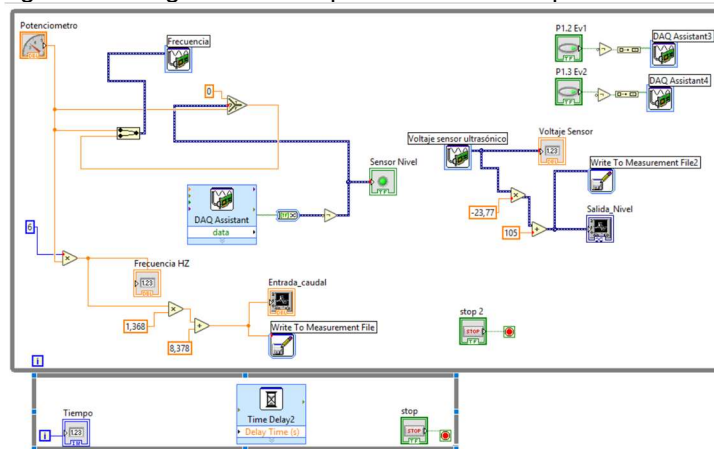
En la figura 16 se observa el resultado satisfactorio del panel frontal del programa Al hacer la adecuación del sensor capacitivo de optó por dar una nueva versión al programa del banco (figura 97).

Figura 93. Panel frontal con sensor capacitivo



Fuente. Autor

Figura 94. Diagrama de bloques con sensor capacitivo



Fuente. Autor

Se logró la correcta configuración del contador Autonics CT6S-1P2 y una correcta instalación de los equipos de medición de caudal.

5.3. Banco de despulpado y envasado de pulpa de mora

Se logró un correcto funcionamiento del banco de despulpado de mora, se caracterizó el sensor PT100 y se analizó su comportamiento

Figura 95. Validación de funcionamiento del banco despulpador de mora



Fuente. Autor

5.4. Acompañamiento y asesorías

Evidencias fotográficas

Tabla 7. Evidencia fotográfica





Fuente. Autor

5.5. Manuales de prácticas

Se evidencian en los anexos A-C

5.6. Inventario

Se evidencian en el anexo D

5.7. Fichas técnicas

Se evidencian en el anexo E

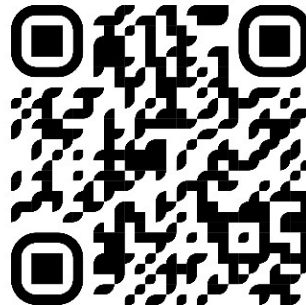
5.8. Creación de Correo y QR

Correo: Automatizacionycontrol2025.2@gmail.com

Contraseña: Automatizacionycontrol2025

BANCO DE NIVEL

Figura 96. QR Banco de nivel



Fuente. Autor

BANCO DE RIEGO

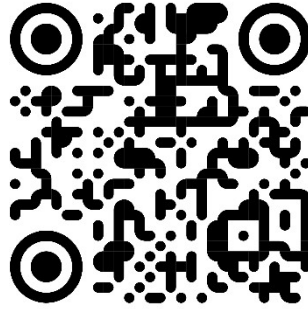
Figura 97. QR Banco de Riego



Fuente. Autor

BANCO DE TEMPERATURA

Figura 98. QR Banco de temperatura



Fuente. Autor

6. CONCLUSIONES

El desarrollo de las guías de práctica para los bancos del laboratorio (nivel, presión, caudal y temperatura), fueron un aporte de gran valor para el laboratorio de Automatización y Sistemas de Control, fortaleciendo los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante instructivos claros, estructurados y alineados con los objetivos de formación. Con estas guías los estudiantes pueden interactuar con mayor autonomía con los bancos y aplicar un modelo de aprendizaje experiencial y pensamiento crítico.

Se logró el buen funcionamiento de los bancos didácticos verificando, calibrando y adecuando sensores como el PT100 y sensor de caudal, alcanzando la confiabilidad y seguridad durante la realización de las prácticas. El correcto funcionamiento y operación de los equipos aportan a la calidad de las actividades experimentales.

MATLAB permitió la obtención de modelos matemáticos, funciones de transferencia y porcentajes de error del comportamiento real de los sistemas. Se pudieron observar en la práctica fenómenos como la histéresis de los sensores, generando la necesidad de implementar métodos de suavizado y tratamiento de datos para mejorar la interpretación.

El acompañamiento a los estudiantes durante las prácticas con las pruebas de las guías elaboradas permitió validar el impacto positivo en el proceso de enseñanza y aprendizaje logrando más autonomía, comprensión y participación de los estudiantes.

7. RECOMENDACIONES

Adquirir un nuevo sensor de caudal que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para el banco de prácticas para buscar y obtener mediciones confiables y lograr un desarrollo de las actividades prácticas en el Laboratorio de Sistemas de Control.

Implementar un módulo de comunicación industrial que permita la interacción directa entre LabVIEW y el variador de frecuencia para facilitar el envío de comandos de arranque/parada, ajuste de frecuencia y lectura de variables en tiempo real logrando una mejora en el control y monitoreo del sistema.

Configurar el potenciómetro virtual de LabVIEW como señal de referencia para el variador de frecuencia, para que el variador interprete correctamente el valor enviado de velocidad deseada para el motor. Esto asegurará un control más preciso durante las prácticas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascanio, J; Sandoval, C. (2018). *TECHNOLOGY FOR PRESSURE CONTROL AND IRRIGATION EMULATION USING THE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL AND FULLY INTEGRATED AUTOMATION SOFTWARE.pdf* (p. 138). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/es/article/view/117/5298>
- Bhute, V. J., Inguva, P., Shah, U., & Brechtelsbauer, C. (2021). Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery—A review. *Education for Chemical Engineers*, 35, 96–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.008>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Deb, A. K., & Chattopadhyay, P. (2024). A Virtual Laboratory for Control System Engineering. *IFAC-PapersOnLine*, 58(26), 64–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.10.272>
- Devanarayanan, V. P., Manjuladevi, V., & Gupta, R. K. (2016). Surface plasmon resonance sensor based on a new opto-mechanical scanning mechanism. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 227, 643–648. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.01.027>
- Elliott, C., Vijayakumar, V., Zink, W., & Hansen, R. (2007). National Instruments LabVIEW: A Programming Environment for Laboratory Automation and Measurement. *SLAS Technology*, 12(1), 17–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jala.2006.07.012>
- Gawde, S., Patil, S., Kumar, S., Kamat, P., Kotecha, K., & Abraham, A. (2023). Multi-fault diagnosis of Industrial Rotating Machines using Data-driven approach : A review of two decades of research. *Engineering Applications of Artificial*

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

- Intelligence*, 123, 106139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106139>
- Gruber, H. (2020). Whom to Believe? (And Why?). *International Journal of Educational Research*, 103, 101630.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101630>
- Heradio, R., de la Torre, L., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*, 42, 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>
- Laird, J. S., Szymanski, R., Ryan, C. G., & Gonzalez-Alvarez, I. (2013). A Labview based FPGA data acquisition with integrated stage and beam transport control. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 306, 71–75.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nimb.2012.12.045>
- Mar-Cornelio, O., Santana-Ching, I., & González-Gulín, J. (2019). Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control. *Revista Científica*, 36(3 SE-Science and Engineering), 356–366.
<https://doi.org/10.14483/23448350.14893>
- Maya-Hoyos, M., Rosales, C., Novoa-Aponte, L., Castillo, E., & Soto, C. Y. (2019). The P-type ATPase CtpF is a plasma membrane transporter mediating calcium efflux in Mycobacterium tuberculosis cells. *Heliyon*, 5(11), e02852.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02852>
- Mohapatra, B., Walse, A., Patil, D., & Barwade, N. (2023). Data Acquisition System with Different Control Application Strategies Using LabVIEW. *SAR Journal - Science and Research*, 89–93. <https://doi.org/10.18421/SAR62-05>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>

- Ramírez, J., Soto, D., López, S., Akroyd, J., Nurkowski, D., Botero, M. L., Bianco, N., Brownbridge, G., Kraft, M., & Molina, A. (2020). A virtual laboratory to support chemical reaction engineering courses using real-life problems and industrial software. *Education for Chemical Engineers*, 33, 36–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.07.002>
- Thepmanee, T., Pongswatd, S., Asadi, F., & Ukakimaparn, P. (2022). Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic. *Energy Reports*, 8, 934–941. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.163>
- Tiernan, P. (2010). Enhancing the learning experience of undergraduate technology students with LabVIEW™ software. *Computers & Education*, 55(4), 1579–1588. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.001>
- Viegas, C., Pavani, A., Lima, N., Marques, A., Pozzo, I., Dobboletta, E., Atencia, V., Barreto, D., Calliari, F., Fidalgo, A., Lima, D., Temporão, G., & Alves, G. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computers & Education*, 126, 201–216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.012>
- Villarroel Henríquez, V., Castillo Rabanal, I., & Santana Abásolo, J. (2025). Applying Kolb's experiential learning cycle for deep learning: A systematic literature review. *Social Sciences & Humanities Open*, 12, 102096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102096>
- Volet, S., Summers, M., & Thurman, J. (2009). High-level co-regulation in collaborative learning: How does it emerge and how is it sustained? *Learning and Instruction*, 19(2), 128–143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.001>
- Xiong, H., Zhang, J., & Jouanne, A. Von. (2018). Control of Variable Frequency Drive PWM to Mitigate Motor Overvoltage Due to Double Pulsing in Reflected Wave Phenomenon. *2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*

(*ECCE*), 6563–6570. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2018.8558140>

9. ANEXOS

ANEXO A MANUAL DE PRÁCTICAS- BANCO DE NIVEL



Unidad Académica		Sistemas De Control	
Practica De Laboratorio		Escalamiento De Sensor Ultrasónico Y Calculo De Caudal En Banco De Nivel	

INTRODUCCIÓN

Este informe expone el desarrollo de una práctica enfocada en el análisis y escalamiento del nivel en un tanque de almacenamiento. Controlar adecuadamente el nivel de un tanque es crucial tanto para la seguridad como para la eficiencia del proceso. En cuanto a seguridad, un monitoreo adecuado previene derrames, reduciendo así el riesgo de accidentes laborales y pérdidas materiales. Por el lado de la eficiencia, mantener un control preciso del nivel permite entender mejor el funcionamiento de la bomba y prever con mayor exactitud las condiciones del sistema. Además del sistema de control utilizado para medir esta variable, se implementa el proceso de “escalamiento”, el cual permite representar gráficamente el comportamiento de la variable de interés. Esto se logra a partir de la recopilación de datos obtenidos mediante pruebas bajo distintas condiciones operativas. Para llevar a cabo la práctica, se utiliza el software LabVIEW, que permite simular y adquirir datos en tiempo real en términos de voltaje. Con esta información, es posible determinar la ecuación que describe el comportamiento del sistema, especialmente la relación entre la altura y el voltaje detectado por el sensor. La medición de la altura se realiza con una cinta métrica, y los datos se recolectaron de forma observacional.



OBJETIVOS

- Registrar el tiempo necesario para llenar el tanque a distintas alturas bajo diversas frecuencias de operación de la bomba, ajustando la frecuencia de la bomba y medir cuanto tiempo toma en alcanzar varios niveles de altura en el tanque.
- Determinar el caudal promedio correspondiente a cada frecuencia, permitiendo así evaluar y comparar el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones operativas
- Utilizar la herramienta cftool de Matlab para identificar la función matemática que describe la relación entre la frecuencia y el caudal. Este proceso implica ajustar los datos experimentales a una curva que mejor representa cómo varía el caudal en función de la frecuencia

FUNDAMENTO TEORICO

SISTEMA HIDRÁULICO

Un sistema hidráulico se compone de una serie de dispositivos interconectados con el fin de transmitir energía y realizar trabajo mecánico utilizando un fluido de trabajo. Estos tipos de sistemas aprovechan la presión del fluido para obtener la fuerza y movimiento en industriales.

- Bomba hidráulica: Convierte la energía mecánica en energía hidráulica al presurizar el fluido.
- Válvulas de control: Regulan la presión, dirección y caudal del fluido.
- Tuberías y mangueras: Transportan el fluido entre los diferentes componentes.

SISTEMAS INESTABLES

En el diseño de cualquier sistema de control para un proceso dinámico, la estabilidad es un parámetro fundamental para considerar. Si el sistema entra en estado de inestabilidad, puede resultar en el deterioro o la destrucción del proceso. En el caso de sistemas lineales invariantes en el tiempo, la estabilidad está estrechamente relacionada con la ubicación de las raíces del denominador de la función de transferencia en lazo cerrado, es decir, los polos del sistema. Un sistema se considera estable cuando todos los polos tienen una parte real negativa. Si incluso una única raíz no cumple con esta condición, el sistema se volverá inestable.

SISTEMAS DE REGULACIÓN DE NIVEL

Al diseñar cualquier sistema de control para un proceso dinámico, la estabilidad es un aspecto crucial para tener en cuenta. La inestabilidad del sistema puede provocar su deterioro o incluso su destrucción. En sistemas lineales invariantes en el tiempo, la estabilidad se relaciona directamente con la posición de las raíces del denominador de la función de transferencia en lazo cerrado, conocidas como los polos del sistema. Un sistema se clasifica como estable cuando todos sus polos tienen parte real negativa. Si alguna de estas raíces no cumple con esta condición, el sistema se tornará inestable.

NIVEL

La medición del nivel en recipientes cerrados es diferente porque se debe tener en cuenta la presión del gas sobre el líquido. En depósitos no ventilados, es necesario un sensor adicional para medir la presión del gas, y las mediciones se suelen realizar con sensores convencionales lateralmente instalados

SISTEMAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL

Al crear un sistema de control para un proceso dinámico, es fundamental considerar la estabilidad. La inestabilidad puede llevar al deterioro o a la destrucción del sistema. En el caso de sistemas lineales invariantes en el tiempo, la estabilidad está directamente relacionada con la ubicación de las raíces del denominador de la función de transferencia en lazo cerrado, es decir, los polos del sistema. Un sistema se considera estable si todos sus polos tienen una parte real negativa. Si alguna de estas raíces no cumple con esta condición, el sistema se volverá inestable.

CAUDAL DE AGUA

Cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica.

ESCALADO DE SENSORES

El escalado de sensores de presión y caudal es un proceso fundamental en la instrumentación y control de procesos, que consiste en ajustar las señales de estos sensores a rangos específicos para su correcta interpretación y utilización en un sistema. En el contexto del banco de riego, donde se simulan diferentes condiciones de cultivo y se evalúa el rendimiento de sistemas de riego, el escalado preciso de estos sensores es crucial para obtener mediciones precisas y confiables.

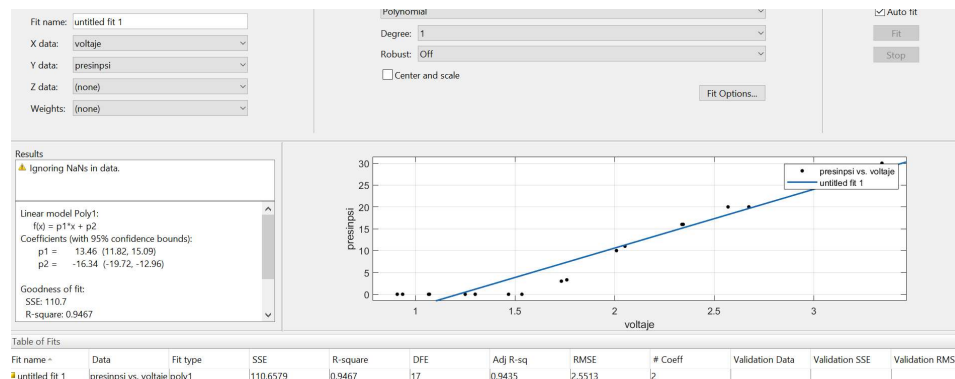
Los sensores de presión y caudal utilizados en el banco de riego generan señales eléctricas que varían en función de la presión y el caudal respectivamente. Estas señales deben ser escaladas adecuadamente para representar las magnitudes físicas de presión y caudal en unidades de medida como psi, bar, litros por minuto o galones por minuto, según corresponda.

El proceso de escalado puede ser lineal o no lineal, dependiendo de la relación entre la señal del sensor y la magnitud física medida. Además, el escalado puede implicar la corrección de errores o la calibración del sensor para garantizar mediciones precisas y consistentes.

HERRAMIENTA CFTOOL

CFTOOL es una herramienta en MATLAB que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para ajustar curvas y superficies a datos, así como para visualizar y analizar datos de forma interactiva. Con CFTOOL, los usuarios pueden realizar ajustes de curvas, interpolaciones, regresiones y análisis de superficies de manera rápida y sencilla, sin necesidad de escribir código MATLAB.

La herramienta permite a los usuarios cargar datos, seleccionar el tipo de ajuste deseado, elegir entre una variedad de modelos matemáticos predefinidos o personalizados, ajustar los modelos a los datos y visualizar los resultados del ajuste. CFTOOL también proporciona opciones para personalizar la presentación de los resultados y exportar los resultados a MATLAB para su posterior análisis y procesamiento.



VARIADOR DE FRECUENCIA



El variador de frecuencia Siemens V20 es un dispositivo compacto y económico diseñado para aplicaciones simples de control de motores en una variedad de industrias. Este variador es parte de la familia de productos Sinamics de Siemens, conocido por su robustez y facilidad de uso.

Características Principales:

- **Rápida puesta en marcha:** El V20 permite una instalación rápida y sencilla gracias a su diseño plug-and-play.
- **Interfaz de usuario intuitiva:** Cuenta con un panel de control simple y fácil de usar, que permite una configuración rápida sin necesidad de herramientas adicionales.
- **Resistente a entornos adversos:** Diseñado para operar en condiciones difíciles, soportando temperaturas extremas y ambientes con polvo.
- **Protección integrada:** Incluye varias funciones de protección para el motor y el variador, asegurando una operación segura y prolongada.
- **Control versátil:** Adecuado para una amplia gama de aplicaciones, como bombas, ventiladores, compresores y cintas transportadoras.
- **Compatibilidad con sistemas de automatización:** El V20 puede integrarse fácilmente en sistemas de automatización más grandes, permitiendo una mayor flexibilidad y control.
- **Interfaz de comunicación:** Soporta varios protocolos de comunicación para facilitar la integración y el control remoto.

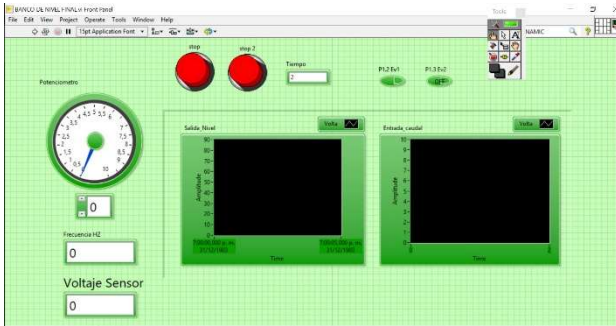
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



La tarjeta de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) de National Instruments es un dispositivo utilizado para adquirir señales analógicas y digitales de sensores y dispositivos externos, y convertirlas en datos digitales que pueden ser procesados por una computadora. Estas tarjetas son ampliamente utilizadas en aplicaciones de control, monitoreo y adquisición de datos en tiempo real. Las tarjetas DAQ de National Instruments ofrecen una variedad de características y capacidades, que pueden incluir:

- **Entradas analógicas:** Para medir señales analógicas como voltajes o corrientes.
- **Entradas digitales:** Para leer señales digitales como pulsos o estados lógicos.
- **Salidas analógicas:** Para generar señales analógicas de salida.
- **Salidas digitales:** Para controlar dispositivos externos que requieren señales digitales.
- **Resolución:** La capacidad de la tarjeta para convertir una señal analógica en datos digitales, medida en bits (por ejemplo, 16 bits de resolución).
- **Velocidad de muestreo:** La frecuencia a la que la tarjeta puede adquirir datos, medida en muestras por segundo.
- **Software de control:** National Instruments ofrece software como LabVIEW y NI-DAQmx para configurar y controlar las tarjetas DAQ.

SOFTWARE LABVIEW



LabVIEW es un entorno de desarrollo de sistemas de ingeniería creado por National Instruments. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de control, adquisición de datos, instrumentación virtual y automatización industrial. LabVIEW se basa en un lenguaje de programación gráfico llamado G, que permite a los usuarios crear programas visualmente conectando bloques de funciones (llamados VIs, o Virtual Instruments) en lugar de escribir código de

programación convencional.

LabVIEW se utiliza en una amplia variedad de campos, incluyendo la ingeniería, la investigación científica, la educación y la industria. Algunas de las principales características y usos de LabVIEW son:

- Desarrollo de sistemas de control y monitoreo: LabVIEW permite a los usuarios desarrollar sistemas de control y monitoreo personalizados para una amplia gama de aplicaciones, desde control de procesos industriales hasta pruebas de laboratorio.
- Adquisición de datos: LabVIEW es ampliamente utilizado para adquirir datos de sensores y dispositivos de medición, convirtiendo estas señales en datos digitales que pueden ser procesados y analizados por el usuario.
- Instrumentación virtual: LabVIEW se utiliza para crear interfaces de usuario gráficas (VIs) que simulan instrumentos físicos, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear dispositivos virtuales desde su computadora.
- Automatización industrial: LabVIEW se utiliza en entornos industriales para controlar y monitorear procesos de fabricación y producción, mejorando la eficiencia y la precisión de las operaciones.

BOMBA CENTRIFUGA



Las bombas centrífugas Pedrollo son conocidas por su alta calidad, eficiencia y durabilidad. Fabricadas con materiales resistentes a la corrosión, están diseñadas para ofrecer un rendimiento duradero y eficiente, reduciendo el consumo de energía. Son fáciles de instalar y mantener, con un diseño compacto y acceso sencillo a las partes principales.

Estas bombas son versátiles, disponibles en diferentes tamaños y capacidades, y adecuadas para una amplia gama de aplicaciones como el suministro de agua doméstico, sistemas de riego, procesos industriales, sistemas de calefacción y refrigeración, y drenaje. Operan silenciosamente y cuentan con protección térmica y certificaciones de seguridad.

SENSOR ULTRASONICO



Los sensores ultrasónicos de IFM son dispositivos avanzados diseñados para la detección y medición de distancias utilizando ondas ultrasónicas. Estos sensores son reconocidos por su precisión, fiabilidad y versatilidad en diversas aplicaciones industriales.

Características Principales:

- **Alta Precisión y Fiabilidad:** Medición precisa y confiable, incluso en condiciones adversas como polvo y humedad.
- **Amplio Rango de Medición:** Disponibles en modelos para distancias cortas y largas.
- **Construcción Robusta:** Materiales duraderos y resistentes para entornos industriales exigentes.
- **Fácil Integración y Configuración:** Interfaz intuitiva y fácil integración en sistemas de automatización.
- **Aplicaciones Versátiles:** Detección de objetos, control de nivel y medición de distancia.
- **Tecnología Avanzada:** Supresión de interferencias y diversas opciones de salida de datos

GENERADOR DE SEÑALES



Un generador de señales de 4 a 20 mA es un dispositivo utilizado para simular y calibrar señales de corriente en sistemas de control industrial. Este rango de corriente es estándar para la transmisión de datos en procesos industriales.

Características Principales:

- **Rango Estándar:** Señales de 4 a 20 mA.
- **Alta Precisión:** Señales estables y precisas.
- **Fácil de Usar:** Controles intuitivos.
- **Portátil:** Compacto y fácil de transportar.
- **Versátil:** Compatible con diversos dispositivos de automatización.

FUENTE DE VOLTAJE DC SIEMENS



Una fuente de voltaje DC Siemens es un dispositivo que proporciona una tensión continua (DC) estable y precisa, esencial para alimentar equipos y sistemas electrónicos. Estas fuentes destacan por su fiabilidad y eficiencia, garantizando un suministro eléctrico constante y exacto, incluso en condiciones de carga variable. Además, están diseñadas con características de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, lo que asegura la seguridad y prolonga la vida útil de los dispositivos conectados.

Estas fuentes de voltaje son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio, como la alimentación de circuitos electrónicos, pruebas y mediciones, sistemas de automatización industrial y equipos de telecomunicaciones. Su diseño intuitivo facilita la configuración y el uso, mientras que su construcción robusta y duradera asegura un rendimiento continuo y confiable en entornos exigentes.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Variador de frecuencia siemens
- Bomba hidráulica Pedrollo
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores
- Válvulas

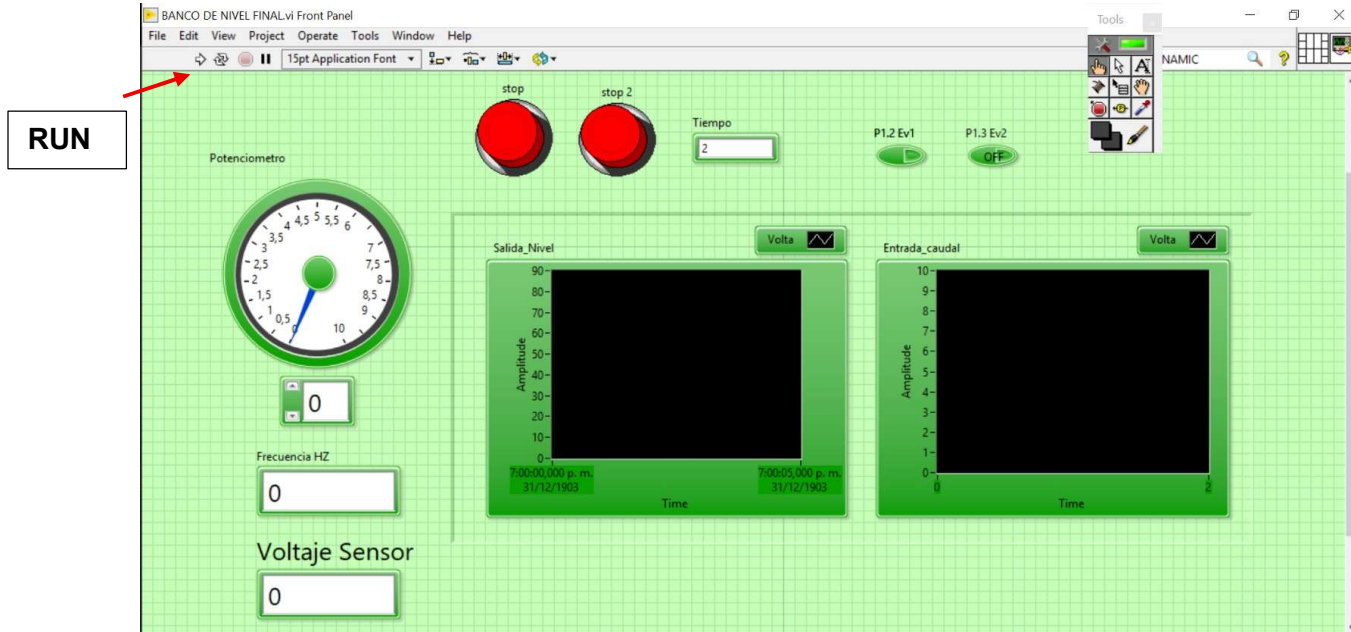
DESARROLLO DE LA PRACTICA

Esta práctica se divide en dos partes, la primera parte se realiza la caracterización del sensor ultrasónico donde vamos a ver el cambio del voltaje dependiendo del nivel de llenado y la segunda parte vamos a calcular el caudal promedio dependiendo de la frecuencia.

PARTE 1

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cabar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre lleno.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora, en este caso el software nos servirá de lector de la señal de voltaje enviada por el sensor ultrasónico dependiendo del nivel de llenado del tanque.

3. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa para comenzar la lectura.



4. Se configura el variador de frecuencia para que trabaje a cierta frecuencia, con esto estamos estableciendo una velocidad para la bomba, esto se puede hacer manualmente en el variador de frecuencia o desde el software LabVIEW.
5. Después de configurar estos parámetros iniciamos operación en el variador con la tecla verde y se puede manejar desde el computador.
6. Se configura la frecuencia con el potenciómetro y se toman lecturas de voltaje cada 4 o 5 cm en 10 cm hasta llegar a su nivel máximo de 90 cm. Una vez se termine el llenado del tanque se abre la llave y se toman los valores de voltaje bajando el nivel del tanque. Es necesario hacer el procedimiento con dos frecuencias distintas. (se escogen aleatoriamente por grupos)

Frecuencia [Hz]	altura [cm]	Voltaje subiendo [V]	Voltaje bajando [V]
25	20	2,98	2,98
25	25	3	2,98
25	30	2,98	3,02
25	35	2,63	2,6

7. Después de trabajar con diferentes frecuencias regresamos el agua al tanque de suministro.
8. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima con ayuda de Excel.

9. Primero, se calcula la diferencia de voltajes (subiendo y bajando) obtenidos anteriormente.

	K	L	M
[cm]	Voltaje subiendo [V]	Voltaje bajando [V]	diferencia de voltaje
20	2,98	2,98	0
25	3	2,98	=K3-L3
30	2,98	3,02	-0,04

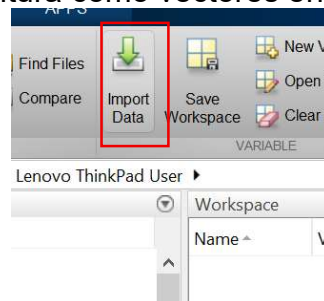
10. Seguido de esto se calcula el span, este valor es la diferencia del voltaje mayor obtenido con el voltaje menor obtenido.

11. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima de la siguiente manera

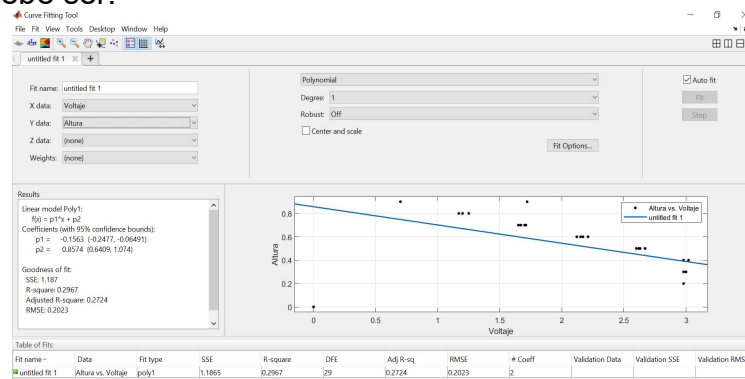
$$\text{Histeresis máxima} = \frac{\text{Diferencia de voltaje máxima}}{\text{span}} * 100$$

12. Ya con los valores de voltaje podemos ir a Matlab y con ayuda de la herramienta cftool se puede realizar una gráfica con la curva que nos ayuda a comprender el comportamiento del sensor dependiendo del nivel del tanque.

13. Se importan los datos de voltaje y la altura como vectores en Matlab



14. El resultado obtenido debe ser:



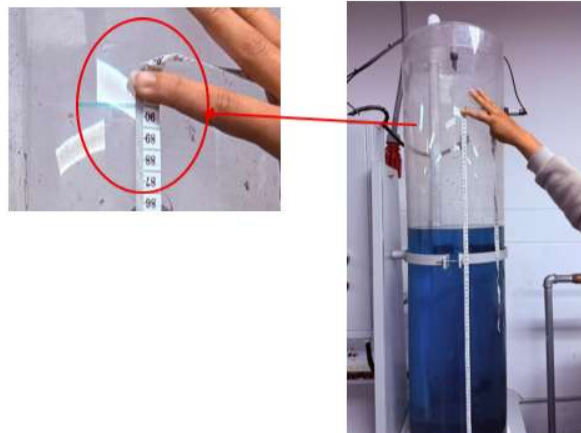
Nota: el manejo de la herramienta CFTOOL el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

PARTE 2

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cebiar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre lleno.
2. Se requiere tomar la medida del radio del tanque.



3. Con el generador de señales vamos a configurar para trabajar en las frecuencias de 15 hz hasta 60 hz en intervalos de 5 hz y al final trabajaríamos con 10 frecuencias.
4. Con cada frecuencia vamos a tomar el registro de tiempos de llenado cada 10 cm demarcados en el tanque hasta llegar a 90 cm.



5. Regresamos el líquido al tanque de suministro para trabajar con la siguiente frecuencia.

6. Se registran los datos obtenidos en Excel

Timepo [s]	frecuencia [Hz]
18,8	15
18,71	15
19,43	15
20,9	15

7. Los datos se importan como vectores de la siguiente manera, donde se cambia el nombre de la columna por Q1, Q2.....Q10.

The screenshot shows the 'Import Data' dialog box in Excel. The 'Column vectors' option is selected. Below, a table is displayed with the following columns: A (Timepo [s]), B (frecuencia [Hz]), C (radiocm), D (volumencm3), E (caudalcm3s), F (Q1), and G (Var). The 'Q1' column is highlighted in blue.

Timepo [s]	frecuencia [Hz]	radiocm	volumencm3	caudalcm3s	Q1	Var
18.8000	15	14.3239	6.4458e+03	342.8604	20.5716	
18.7100	15	14.3239	6.4458e+03	344.5096	20.6706	
19.4300	15	14.3239	6.4458e+03	331.7434	19.9046	
20.9000	15	14.3239	6.4458e+03	308.4103	18.5046	

8. Al importar los datos empezamos a calcular los datos mencionados anteriormente

```
>> QmediaQ1=mean(Q1)
QmediaQ1 =
    18.7962
>> QdesvQ1=std(Q1)
QdesvQ1 =
    1.7011
>> cvq=(QdesvQ1/QmediaQ1)*100
cvq =
    9.0503
>> prctile(Q1, [25 50 75])
ans =
    17.9343    18.5046    20.4049
```

9. Cuando ya se tengan todos los datos de Qmedia con cada una de las frecuencias

ELABORADO POR:
Docencia

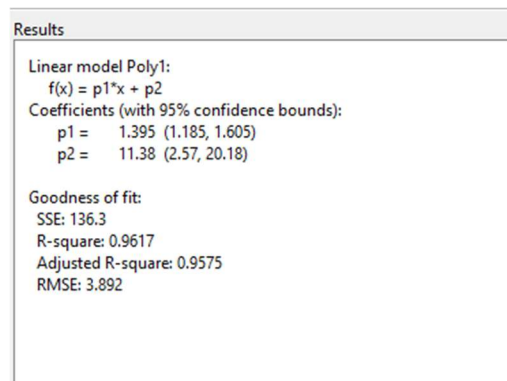
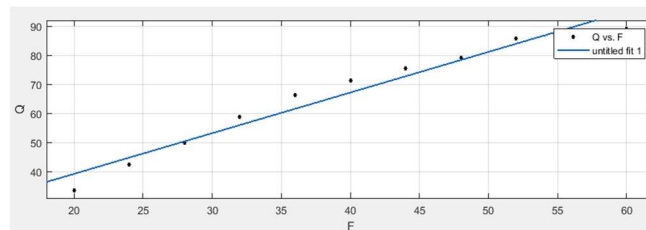
REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

se hace una nueva tabla en Excel con estos valores.

Qmedia	Frecuencia [Hz]
18,7962	15
	20
	25
	30

10. Teniendo estos datos se importan nuevamente a Matlab como vectores y con ayuda de la herramienta cftool obtenemos lo siguiente.



CONCLUSIONES

- El cftool demostró ser una herramienta accesible para los estudiantes, permitiéndoles visualizar de manera comprensible cómo varía el voltaje con la frecuencia en los sensores de caudal.
- La práctica resaltó la importancia de realizar mediciones precisas (cronometro). Esta precisión resultó fundamental para comprender en profundidad cómo funcionan los sensores en diversas condiciones y cómo se relacionan con las señales de voltaje.
- Los resultados y aprendizajes de esta práctica tienen importantes aplicaciones en contextos prácticos. La comprensión del comportamiento de los sensores y su relación con las señales de voltaje es esencial en numerosos campos de la ingeniería.

REFERENCIAS

- Gutiérrez, R. B. (2022, December 20). *Diseñar un prototipo de medición de consumo de agua en entornos residenciales mediante el uso de un sistema bajo el estándar IEEE 802.15.4, soportado por un sensor de caudal y registro de información en la nube para el municipio de San Juan de Pasto*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54029>
- David, V. L. J. (2020, January 23). *Acondicionamiento del banco de bombas de la Universidad Santo Tomás, incorporando sensores de caudal y presión para la identificación de la curva característica de desempeño*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21237>



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Cálculo De Función De Transferencia De Banco De Nivel

INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta el desarrollo de la práctica de función de transferencia del sistema de llenado de tanques. El caudal es una variable fundamental en la ingeniería de fluidos, ya que permite caracterizar la cantidad de fluido que circula por el sistema en un intervalo de tiempo determinado. En sistemas de tanques interconectados, el caudal depende de factores como la altura del nivel del fluido, la geometría del sistema y las condiciones de entrada y salida del fluido.

Además del sistema de control implementado para la medición de esta variable, es esencial determinar la función de transferencia, la cual permite modelar y predecir el comportamiento del caudal de salida en respuesta a variaciones en el caudal de entrada o en otras señales de excitación.

Para el desarrollo de la práctica se utilizó el software LabVIEW, con el cual se realizó la simulación y adquisición de datos en tiempo real de caudal y frecuencia, permitiendo así la obtención de la función de transferencia del sistema.



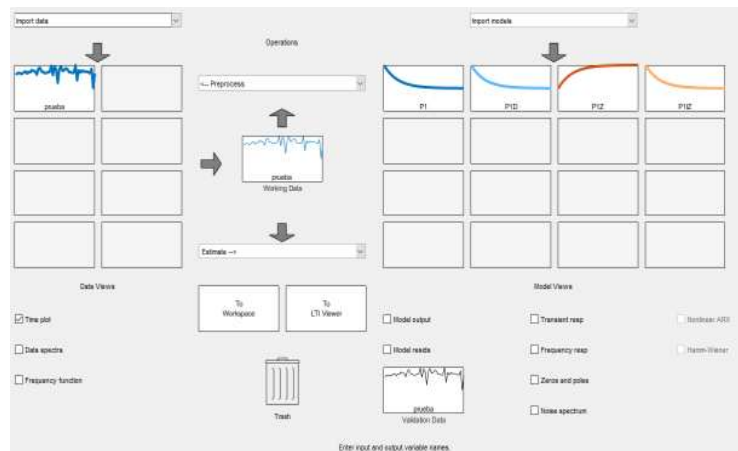
OBJETIVOS

- Adquirir y aplicar conocimientos prácticos sobre la utilización de la herramienta Ident en MATLAB para identificar.
- Registrar datos precisos de caudal y nivel utilizando un programa en LabVIEW, ingresando la pendiente y el intercepto de la función calculada previamente.
- Obtener tres archivos de texto del software LabVIEW utilizarlos en el análisis con la herramienta Ident para el cálculo de nuestra función de transferencia.
- Evaluar la función de transferencia obtenida utilizando indicadores de ajuste, como el coeficiente de determinación (R^2) y los errores residuales, para garantizar su eficacia.

FUNDAMENTO TEORICO

HERRAMIENTA IDENT

La herramienta Ident (Identificación de Sistemas) en MATLAB es fundamental para la identificación y modelado de sistemas dinámicos a partir de datos experimentales. Esta herramienta permite estimar modelos matemáticos que describen el comportamiento dinámico de sistemas físicos basados en mediciones de entrada y salida.

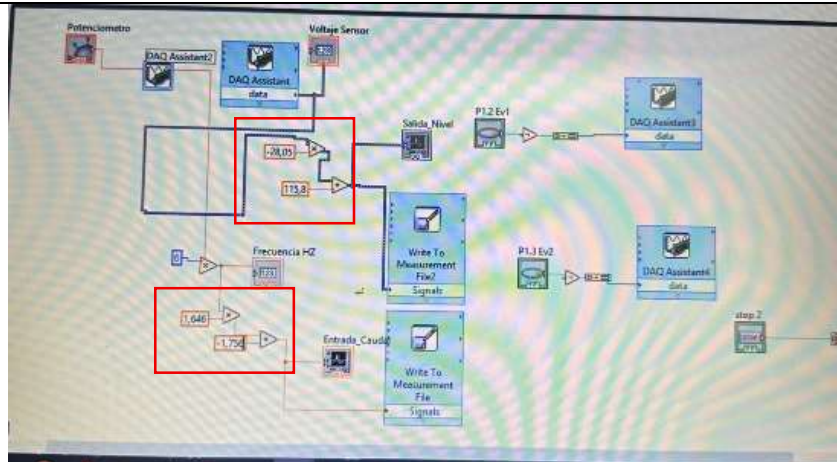


EQUIPOS Y MATERIALES

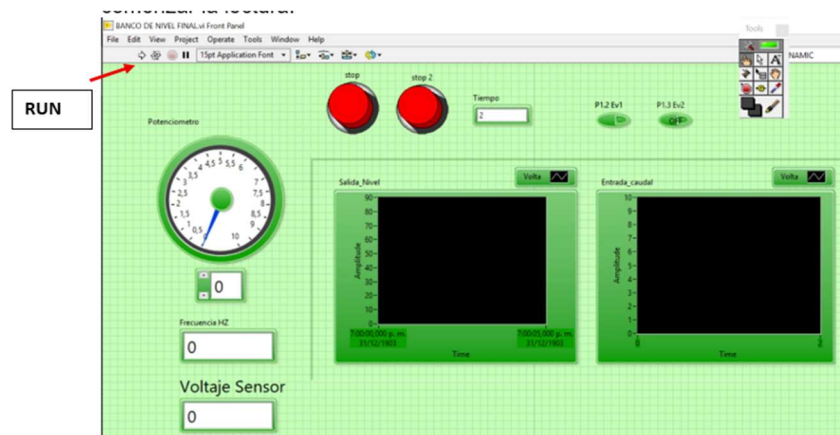
- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Sensores
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cabar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre lleno.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora, en este caso el software nos servirá de lector de la señal de voltaje enviada por el sensor ultrasónico dependiendo del nivel de llenado del tanque.
3. Con los datos obtenidos anteriormente de P1 Y P2 de caudal y nivel se modifican los datos en la interfaz de LabVIEW



4. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa para comenzar la lectura.



5. Se configura el variador de frecuencia para que trabaje a cierta frecuencia, con esto estamos estableciendo una velocidad para la bomba, esto se puede hacer manualmente en el variador de frecuencia o desde el software LabVIEW.
6. Comenzamos a aumentar la frecuencia gradualmente desde 0 hasta 60 Hz para simular diferentes condiciones de operación.
7. Mas o menos unos 5 segundos al llegar a 60 Hz le damos en el botón STOP, para ir a buscar los archivos de texto que nos va a generar el software para trabajarlos en la herramienta Ident



caudal.lvm



frecuencia.lvm



presión.lvm

Nota: están en esta ubicación

8. Los datos obtenidos son:

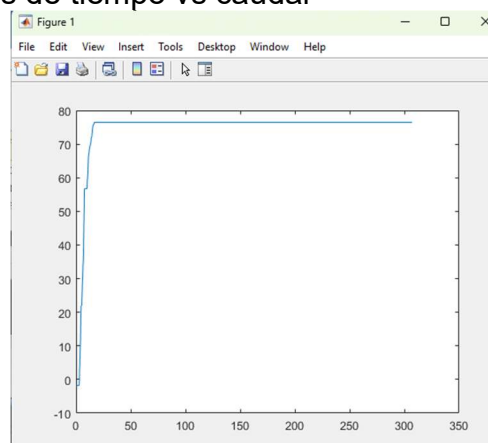
Archivo	Editar	Ver	Archivo	Editar	Ver
0.000000	-1.756000		0.000000	32.549726	
0.022498	-1.756000		0.017280	32.549726	
0.031466	-1.756000		0.025252	32.549726	
0.042429	-1.756000		0.037212	32.549726	
0.053392	-1.756000		0.049172	32.549726	
0.071334	-1.756000		0.069105	32.549726	
0.081301	-1.756000		0.076082	32.549726	
0.090270	-1.756000		0.085052	32.549726	
0.099242	-1.756000		0.094022	32.549726	

9. Después de completar la etapa, procedemos a devolver el agua al tanque de suministro.

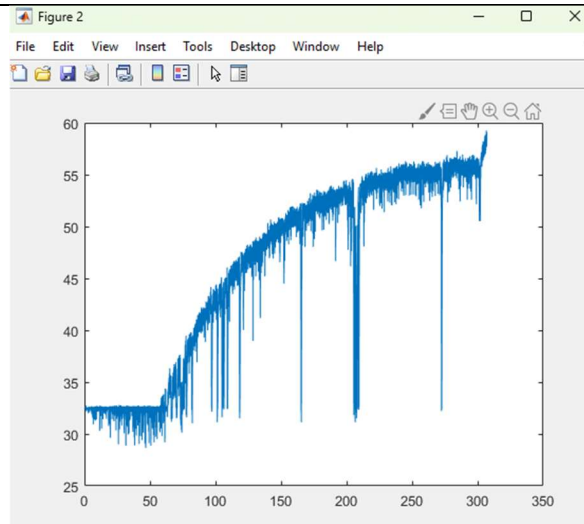
10. Teniendo estos datos, se importan a Matlab para hallar el tiempo máximo y el tiempo de muestreo

```
>> max(ts)
ans =
    306.9657
>> max(tc)
ans =
    306.9809
>> T_muestreo=max(tc)/length(tc)
T_muestreo =
    0.0107
>> T_muestreo=max(ts)/length(ts)
T_muestreo =
    0.0107
```

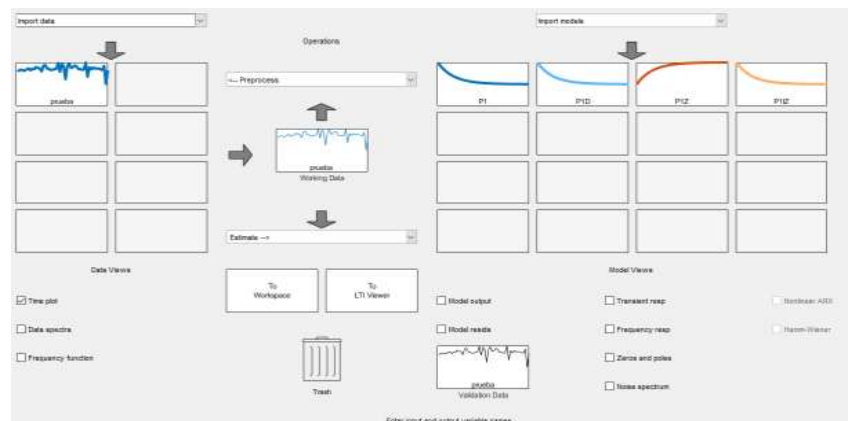
11. Posteriormente, se grafican los datos de tiempo vs caudal



12. Así mismo se grafican los datos de nivel obteniendo



13. Con los datos obtenidos en la práctica se trabaja en Matlab con la herramienta Ident para tratar de disminuir el ruido y tener una señal más limpia



- Primero, se cargan los archivos de datos de la práctica, que incluyen registros de frecuencia, caudal y presión. Luego, se crean tres vectores columna para cada una de estas variables.
- Realizar igualación de datos es importante asegurarse de que todos los vectores tengan la misma cantidad de datos para un análisis coherente.
- Se procede a abrir la herramienta de identificación de sistemas de MATLAB mediante el comando Ident.
- En la ventana de identificación, se selecciona la opción "Import Data" y se elige "Time domain data". Luego, se configuran adecuadamente las variables de entrada y salida utilizando los vectores frecuencia, caudal, y presión.
- verificar la consistencia de los datos y comprender mejor la relación entre las variables, se hace clic en "Time plot" para visualizar las gráficas de las variables asignadas.

- Se sigue por realizar la estimación del modelo haciendo clic en "Estimate" y seleccionando "Process models". Aquí se ajustan los parámetros según el tipo de función de transferencia que se requiera, teniendo en cuenta las características específicas del sistema.
- Después de la estimación, se examinan las diferentes funciones estimadas haciendo clic en "Model output". Se selecciona el modelo que mejor se ajuste a los datos experimentales, basándose en criterios como la bondad del ajuste.

Nota: el manejo de la herramienta IDENT el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

CONCLUSIONES

- La herramienta Ident de MATLAB ofrece un método organizado y eficaz para identificar modelos matemáticos basados en datos experimentales. Esta herramienta proporciona una variedad de algoritmos y técnicas de identificación que permiten adaptarse a diferentes tipos de sistemas y condiciones experimentales.
- La capacidad de Ident en MATLAB para estimar la función de transferencia de la planta piloto es esencial para el diseño y análisis de sistemas de control. Comparar los resultados de Ident con las características conocidas de presión y caudal de la planta permite validar la precisión y efectividad de esta técnica de identificación.
- La función de transferencia describe matemáticamente la relación entre la entrada y la salida del sistema. Analizar esta función ayuda a entender la dinámica del control de presión y caudal en fluidos, permitiendo diseñar estrategias de control más efectivas y optimizar el rendimiento del sistema bajo diversas condiciones operativas.
- La disponibilidad de un modelo preciso facilita el diseño y ajuste de controladores, como PID, para optimizar el rendimiento del sistema. La herramienta Ident, combinada con los datos obtenidos, permite mejorar la eficiencia y la estabilidad del control en la planta piloto.

REFERENCIAS

- gata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna (5a ed.). Pearson Educación, S.A.
- Ormaza, DV, Quevedo, JM, González, CC y Redrovan, TG (2017). Identificación del modelo de un motor de CC mediante métodos gráficos y métodos paramétricos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* , 4 (2).
- Tamani, B.V. (2016). Obtención de Modelos de los Procesos Continuos Utilizando el Toolbox de Identificación de Sistemas de Matlab. *Electrónica-UNMSM* , 19 (1), 8-15.
- Mascheroni, R. H. (1985). Predicción de historias térmicas durante la transmisión de calor en más de una dimensión empleando funciones de

transferencia obtenidas numéricamente. *Mecánica Computacional*, 1(12), 387-400.
Reina Varo, P. J. (2019). Analizador de funciones de transferencia con Arduino y Labview.



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Diseño Del Controlador Proporcional-Integral (Pi) De Banco De Riego

INTRODUCCIÓN

En esta práctica de laboratorio, se diseñó un controlador proporcional-integral (PI) para regular el sistema de control de presión del banco de riego utilizando la herramienta Sisotool de MATLAB. El objetivo principal fue mejorar la estabilidad y la respuesta dinámica del sistema, asegurando un control preciso de la presión. Se realizaron ajustes iterativos del controlador PI mediante la interfaz gráfica de Sisotool, optimizando sus parámetros para lograr un rendimiento óptimo del sistema.



OBJETIVOS

- Emplear la herramienta Sisotool de MATLAB para realizar un ajuste preciso de los parámetros del controlador PI. Este proceso incluye la sintonización iterativa de los valores de ganancia proporcional e integral para optimizar el comportamiento del sistema, mejorando su estabilidad y respuesta dinámica ante variaciones en las condiciones de operación.
- Realizar una evaluación del desempeño del controlador PI a través de pruebas experimentales en tiempo real en el banco de riego. Este análisis incluirá la observación de la respuesta del sistema bajo diferentes condiciones de carga y perturbaciones, asegurando que el controlador mantenga un control preciso y robusto de la presión.
- Emplear la herramienta Sisotool de MATLAB para realizar un ajuste preciso de los parámetros del controlador Pi.

FUNDAMENTO TEORICO

CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL (PI)

Un controlador PI (Proporcional-Integral) es un tipo de controlador utilizado en sistemas de control para mantener una variable de proceso en un valor deseado, compensando cualquier desviación entre la salida del sistema y la consigna (setpoint). Este tipo de controlador combina dos acciones de control: la proporcional (P) y la integral (I), para mejorar la precisión y estabilidad del sistema.

Componente Proporcional (P):

- La acción proporcional es directamente proporcional al error actual del sistema, que es la diferencia entre la consigna y la salida medida.
- La salida proporcional se calcula multiplicando el error por una constante de ganancia proporcional (K_p o pK_p).

- La fórmula es: $u(t) = K_p \cdot e(t)$, donde $u(t)$ es la salida del controlador y $e(t)$ es el error en el tiempo.

Componente Integral (I):

- La acción integral se basa en la acumulación del error a lo largo del tiempo. Esto significa que incluso un pequeño error mantenido durante un periodo prolongado resultará en una acción correctiva significativa.
- La salida integral se calcula como la suma del error acumulado multiplicado por una constante de ganancia integral (K_i).

Aplicaciones del Controlador PI

- Procesos Industriales: Control de temperatura, presión, nivel de líquidos y flujo en sistemas de procesos.
- Sistemas de Energía: Regulación de generadores y sistemas de distribución eléctrica.
- Automatización: Control de velocidad y posición en motores eléctricos y sistemas robóticos.

HERRAMIENTA SISOTOOL

La herramienta Sisotool de MATLAB es una interfaz gráfica interactiva altamente especializada para la sintonización y análisis de controladores en sistemas de control de lazo simple (SISO: Single Input, Single Output). Esta herramienta permite a los ingenieros y técnicos en control diseñar, ajustar y analizar diversos tipos de controladores, incluyendo los controladores proporcionales (P), integrales (I), derivativos (D), y sus combinaciones (PI, PD, PID), así como controladores avanzados de estructura personalizada.

Características

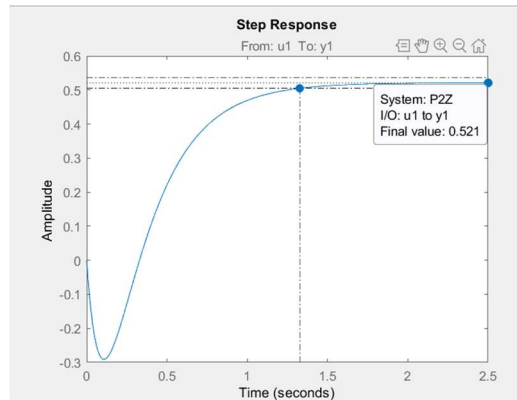
- Interfaz Gráfica Interactiva
- Análisis y Optimización
- Integración con Simulaciones
- Análisis de Estabilidad y Robustez
- Documentación y Reportes

EQUIPOS Y MATERIALES

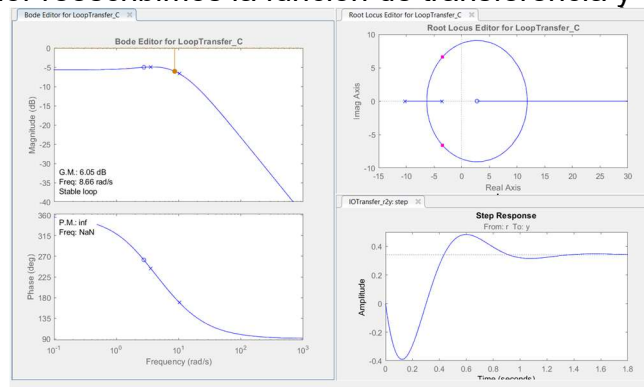
- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Manómetro analógico
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA

Utilizando MatLab y partiendo de la función de transferencia del sistema como dato conocido, obtenemos la gráfica de la respuesta al escalón.



Este valor significa que el sistema si necesita controlador ya que el error es de 48%
Para implementar el controlador reescribimos la función de transferencia y con ayuda de sisotool



- En la ventana de comandos de MATLAB, se digita SISOTOOL y se presiona Enter.
- En Sisotool, se da clic en "Edit Architecture" y se selecciona el modelo adecuado. En esta misma pestaña, se carga la función de transferencia del sistema de control de presión del banco de riego.
- Diseño del controlador: Dentro de la gráfica "Root Locus Editor for LoopTransfer_C", se hace clic y se selecciona "Edit Compensator". Desde esta pestaña, se diseña el controlador PI.
- Continuamos Posicionándose dentro de la tabla "Dynamics", se da clic derecho y se selecciona "Add Pole or Zero" y luego "Real Zero". Se repite el proceso y se selecciona "Integrator", Los parámetros del controlador se ajustan para lograr un equilibrio entre estabilidad y rapidez de respuesta.
- Después de realizar cada ajuste, se da clic en "Export" y se exporta el controlador diseñado para su implementación.

- Nos debería dar una función de primer orden como esta.

Nota: el manejo de la herramienta SISOTOOL el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

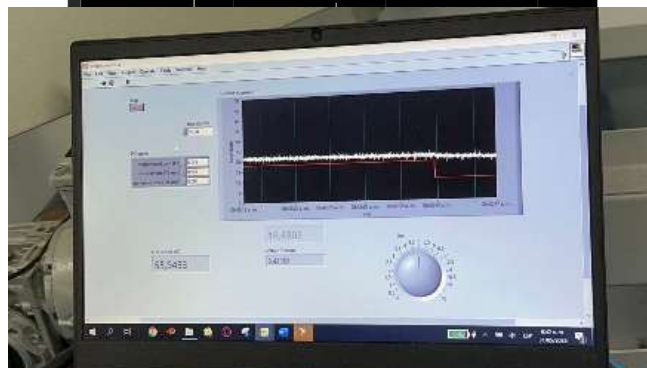
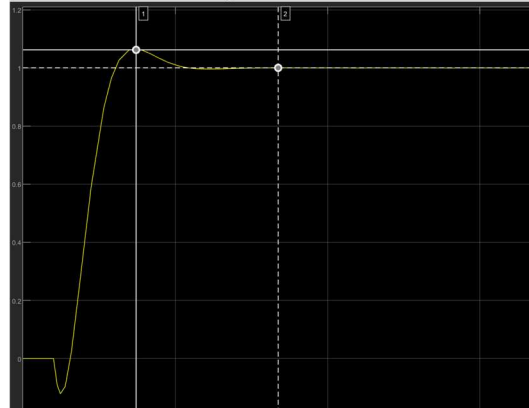
Obteniendo:

```
ftp =  
  
From input "u1" to output "y1":  
  0.04817  
-----  
  0.8212 s + 1
```

Luego calculamos los valores de K_p , K_d y K_i , según corresponda para poder realizar el diagrama de bloques



Para obtener una salida estable y posteriormente probar el controlador en el sistema



Con este resultado se calcula el error.

CONCLUSIONES

- El controlador PI diseñado con Sisotool de MATLAB mejoró significativamente el rendimiento del sistema de control de presión del banco de riego, logrando estabilidad y una respuesta rápida con mayor precisión y menor tiempo de establecimiento.
- La implementación y prueba del controlador PI en el banco de riego confirmaron que su diseño y constantes son adecuados para mantener una presión constante. El sistema respondió eficientemente a cambios en la demanda, demostrando la practicidad del controlador PI en escenarios de control de presión en tiempo real.
- La optimización de las constantes del controlador mejoró el rendimiento del sistema. La inclusión de un cero real y un integrador permitió alcanzar eficientemente la presión objetivo de 30 psi, cumpliendo con los requisitos de desempeño.

REFERENCIAS

- Orozco, O. A., & Ruiz, V. M. A. (2003). Sintonización de controladores PI y PID utilizando los criterios integrales IAE e ITAE. *Ingeniería*, 13(1-2), 31-39.
- Moliner, R., & Tanda, R. (2016). Herramienta para la sintonía robusta de controladores PI/PID de dos grados de libertad. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13(1), 22-31.
- Morales Laguado, L., Chamorro, H., & Soriano, J. (2009). Análisis y comparación entre un controlador PI difuso y un controlador PI óptimo convencional para un convertidor reductor. *Ingeniería e Investigación*, 29(3), 61-66.
- Jaimes, B. R. A., Galindo, J. C. F., & Camperos, J. A. G. (2014). Desarrollo de una herramienta en Matlab para Sintonización de Controladores PID, utilizando algoritmos genéticos basado en técnicas de optimización multiobjetivo. *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 1(1), 80-103.

ANEXO B
MANUAL DE PRÁCTICAS- BANCO DE RIEGO



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Escalamiento De Sensor De Presión Para Simulación De Banco De Riego

INTRODUCCIÓN

El escalado de sensores es un proceso esencial en la instrumentación y control de procesos, que implica ajustar la señal de un sensor a un rango específico para su correcta interpretación. En entornos de simulación, como en un banco de riego, el escalado preciso de sensores es fundamental para garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos durante las pruebas. En esta práctica, nos enfocaremos en el escalado de sensores utilizados en un banco de riego para simular diferentes condiciones de cultivo y evaluar sistemas de riego. Se explorarán técnicas para ajustar las señales de los sensores, como los caudalímetros, a los rangos adecuados de operación, lo que permitirá una interpretación precisa de los datos durante las simulaciones en el banco de riego.



OBJETIVOS

- Determinar la relación entre el voltaje suministrado al variador de frecuencia, que controla la velocidad del motor de la bomba en el banco de riego, y el voltaje generado por la presión

dinámica en la tubería, con el fin de obtener una ecuación que permita calcular el caudal de agua que llena el tanque en función de estos voltajes.

- Obtener, en cada ensayo realizado, una tabla que relacione el voltaje suministrado al variador de frecuencia y el voltaje generado por la presión dinámica en la tubería. Estas tablas permitirán graficar la relación entre las variables y, mediante un modelo de análisis numérico utilizando Matlab (interfaz CFTOOL), deducir la ecuación que relaciona dichas variables

FUNDAMENTO TEORICO

SISTEMA HIDRÁULICO

Un sistema hidráulico se compone de una serie de dispositivos interconectados con el fin de transmitir energía y realizar trabajo mecánico utilizando un fluido de trabajo. Estos tipos de sistemas aprovechan la presión del fluido para obtener la fuerza y movimiento en industriales.

Diferentes procesos industriales

- **Bomba Hidráulica:** *Convierte la energía mecánica en energía hidráulica al presurizar el fluido.*
- **Válvulas de control:** *Regulan la presión, dirección y caudal del fluido.*
- **Tuberías y mangueras:** *Transportan el fluido entre los diferentes componentes.*

ESCALADO DE SENSORES

El escalado de sensores de presión y caudal es un proceso fundamental en la instrumentación y control de procesos, que consiste en ajustar las señales de estos sensores a rangos específicos para su correcta interpretación y utilización en un sistema. En el contexto del banco de riego, donde se simulan diferentes condiciones de cultivo y se evalúa el rendimiento de sistemas de riego, el escalado preciso de estos sensores es crucial para obtener mediciones precisas y confiables.

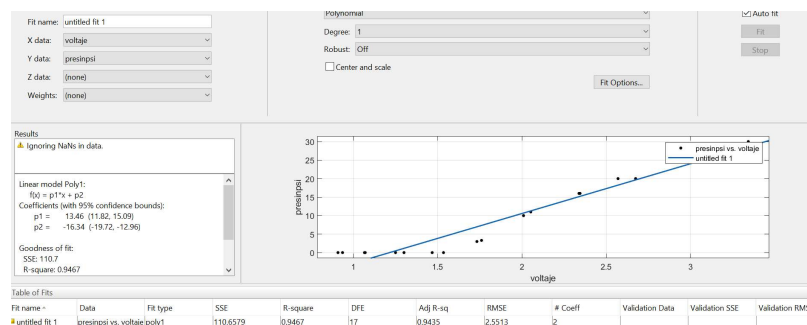
Los sensores de presión y caudal utilizados en el banco de riego generan señales eléctricas que varían en función de la presión y el caudal respectivamente. Estas señales deben ser escaladas adecuadamente para representar las magnitudes físicas de presión y caudal en unidades de medida como psi, bar, litros por minuto o galones por minuto, según corresponda.

El proceso de escalado puede ser lineal o no lineal, dependiendo de la relación entre la señal del sensor y la magnitud física medida. Además, el escalado puede implicar la corrección de errores o la calibración del sensor para garantizar mediciones precisas y consistentes.

HERRAMIENTA CFTOOL

CFTOOL es una herramienta en MATLAB que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para ajustar curvas y superficies a datos, así como para visualizar y analizar datos de forma interactiva. Con CFTOOL, los usuarios pueden realizar ajustes de curvas, interpolaciones, regresiones y análisis de superficies de manera rápida y sencilla, sin necesidad de escribir código MATLAB.

La herramienta permite a los usuarios cargar datos, seleccionar el tipo de ajuste deseado, elegir entre una variedad de modelos matemáticos predefinidos o personalizados, ajustar los modelos a los datos y visualizar los resultados del ajuste. CFTOOL también proporciona opciones para personalizar la presentación de los resultados y exportar los resultados a MATLAB para su posterior análisis y procesamiento.



VARIADOR DE FRECUENCIA



El variador de frecuencia Allen Bradley PowerFlex 525 es un componente fundamental en sistemas de control de velocidad de motores eléctricos. Destaca por su diseño compacto y su interfaz de usuario intuitiva, que simplifica su configuración y operación.

Este variador ofrece una amplia gama de capacidades de potencia, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones industriales. Su conectividad Ethernet/IP y Modbus TCP facilita la integración en sistemas de control más amplios, permitiendo una comunicación eficiente y una fácil programación.

Este variador también incluye funciones avanzadas de control, como control vectorial sin sensor y control de lazo cerrado, que mejoran el rendimiento del motor y la eficiencia energética. Además, cuenta con diagnósticos integrados que permiten monitorear el estado del variador y del motor, facilitando la detección temprana de problemas y reduciendo el

tiempo de inactividad.

En resumen, el variador de frecuencia Allen Bradley PowerFlex 525 es una solución versátil y confiable para el control de motores eléctricos en entornos industriales, ofreciendo un rendimiento sólido y una

fácil integración en sistemas de control complejos.

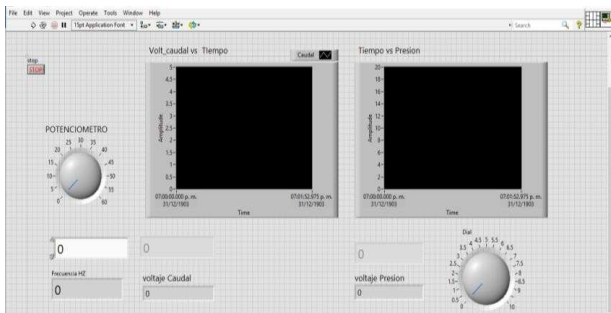
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



La tarjeta de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) de National Instruments es un dispositivo utilizado para adquirir señales analógicas y digitales de sensores y dispositivos externos, y convertirlas en datos digitales que pueden ser procesados por una computadora. Estas tarjetas son ampliamente utilizadas en aplicaciones de control, monitoreo y adquisición de datos en tiempo real. Las tarjetas DAQ de National Instruments ofrecen una variedad de características y capacidades, que pueden incluir:

- Entradas analógicas: Para medir señales analógicas como voltajes o corrientes.
- Entradas digitales: Para leer señales digitales como pulsos o estados lógicos.
- Salidas analógicas: Para generar señales analógicas de salida.
- Salidas digitales: Para controlar dispositivos externos que requieren señales digitales.
- Resolución: La capacidad de la tarjeta para convertir una señal analógica en datos digitales, medida en bits (por ejemplo, 16 bits de resolución).
- Velocidad de muestreo: La frecuencia a la que la tarjeta puede adquirir datos, medida en muestras por segundo.
- Software de control: National Instruments ofrece software como LabVIEW y NI-DAQmx para configurar y controlar las tarjetas DAQ.

SOFTWARE LABVIEW



LabVIEW es un entorno de desarrollo de sistemas de ingeniería creado por National Instruments. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de control, adquisición de datos, instrumentación virtual y automatización industrial. LabVIEW se basa en un lenguaje de programación gráfico llamado G, que permite a los usuarios crear programas visualmente conectando bloques de funciones (llamados VIs, o Virtual Instruments)

en lugar de escribir código de programación convencional.

LabVIEW se utiliza en una amplia variedad de campos, incluyendo la ingeniería, la investigación científica, la educación y la industria. Algunas de las principales características y usos de LabVIEW son:

- Desarrollo de sistemas de control y monitoreo: LabVIEW permite a los usuarios desarrollar sistemas de control y monitoreo personalizados para una amplia gama de aplicaciones, desde control de procesos industriales hasta pruebas de laboratorio.
- Adquisición de datos: LabVIEW es ampliamente utilizado para adquirir datos de sensores y dispositivos de medición, convirtiendo estas señales en datos digitales que pueden ser procesados

y analizados por el usuario.

- Instrumentación virtual: LabVIEW se utiliza para crear interfaces de usuario gráficas (VIs) que simulan instrumentos físicos, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear dispositivos virtuales desde su computadora.
- Automatización industrial: LabVIEW se utiliza en entornos industriales para controlar y monitorear procesos de fabricación y producción, mejorando la eficiencia y la precisión de las operaciones.

SENSOR DE CAUDAL



Un sensor de caudal, SBY321, es un dispositivo que mide la cantidad de líquido o gas que fluye a través de un sistema en un período de tiempo determinado. Se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales y de control de procesos para monitorear y controlar el flujo de fluidos.

SENSOR DE PRESIÓN



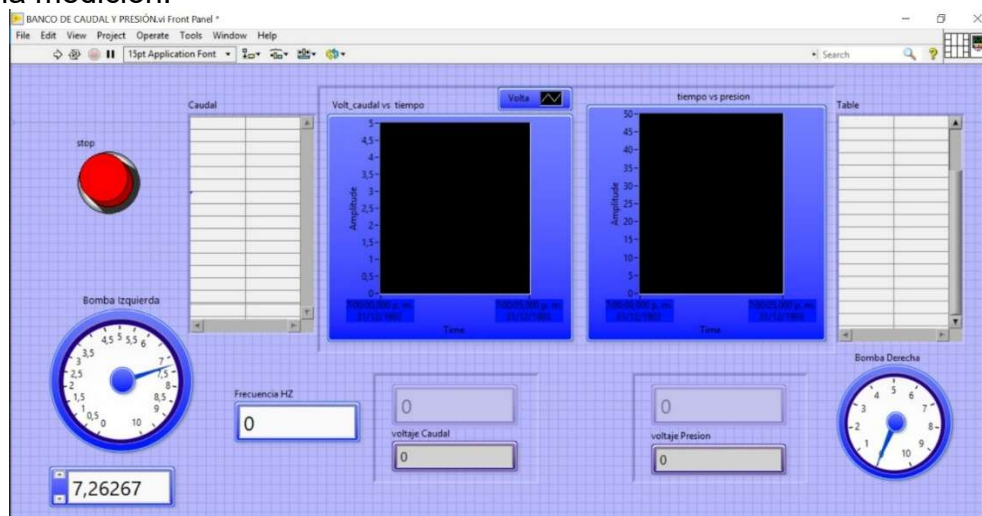
Un sensor de presión es un dispositivo diseñado para medir la presión de un fluido o gas en un sistema. Funciona convirtiendo la presión en una señal eléctrica que puede ser interpretada por equipos de control o visualización. Estos sensores son fundamentales en una amplia gama de aplicaciones industriales y de control de procesos, donde se requiere monitorear y controlar la presión de los fluidos para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas. Los sensores de presión pueden variar en diseño y principio de funcionamiento, pero todos cumplen la función básica de medir y convertir la presión en una señal eléctrica.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Cronómetro
- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Manómetro analógico
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA 1

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cebiar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre al nivel de más de 200 L.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora.
3. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa para comenzar la medición.



4. Se mueve el potenciómetro gradualmente de 15 Hz a 60 Hz para tomar el valor del voltaje de presión y registrarlo en un Excel

frecuencia	presión [psi]	voltaje
30	0	1,5343
35	3	1,7326
40	10	2,009
45	16	2,3442
50	20	2,6738

5. Después de trabajar con diferentes frecuencias regresamos el agua al tanque de suministro.
6. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima con ayuda de Excel.
7. Primero, se calcula la diferencia de voltajes (subiendo y bajando) obtenidos anteriormente.

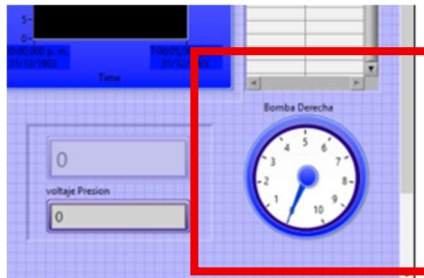
	K	L	M
[cm]	Voltaje subiendo [V]	Voltaje bajando [V]	diferencia de voltaje
20	2,98	2,98	0
25	3	2,98	=K3-L3
30	2,98	3,02	-0,04

8. Seguido de esto se calcula el span, este valor es la diferencia del voltaje mayor obtenido con el voltaje menor obtenido.
9. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima de la siguiente manera

$$\text{Histeresis máxima} = \frac{\text{Diferencia de voltaje máxima}}{\text{span}} * 100$$

10. Ya con los valores de voltaje podemos ir a Matlab y con ayuda de la herramienta cftool se puede realizar una gráfica con la curva que nos ayuda a comprender el comportamiento del sensor dependiendo del nivel del tanque.
11. Después de completar la primera etapa, procedemos a devolver el agua al tanque de suministro. En esta ocasión, utilizamos el ícono correspondiente en el software (DIAL) y lo desplazamos con el cursor para ajustar la velocidad de la bomba de retorno.

NOTA: Tener en cuenta que al retornar el agua al tanque de suministro no supere el nivel de 200 L



12. Con los datos obtenidos en la práctica realizar una tabla en Excel y posteriormente se trabaja en Matlab con la interfaz CFTOOL.

CONCLUSIONES



- El CFTool demostró ser una herramienta accesible para los estudiantes, permitiéndoles visualizar de manera comprensible cómo varía el voltaje con la frecuencia en los sensores de caudal.
- La práctica resaltó la importancia de realizar mediciones precisas (cronometro). Esta precisión resultó fundamental para comprender en profundidad cómo funcionan los sensores en diversas condiciones y cómo se relacionan con las señales de voltaje.
- Los resultados y aprendizajes de esta práctica tienen importantes aplicaciones en contextos prácticos. La comprensión del comportamiento de los sensores y su relación con las señales de voltaje es esencial en numerosos campos de la ingeniería.

REFERENCIAS

Gutiérrez, R. B. (2022, December 20). *Diseñar un prototipo de medición de consumo de agua en*

entornos residenciales mediante el uso de un sistema bajo el estándar IEEE 802.15.4, soportado por un sensor de caudal y registro de información en la nube para el municipio de San Juan de Pasto. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54029>

David, V. L. J. (2020, January 23). *Acondicionamiento del banco de bombas de la Universidad Santo Tomás, incorporando sensores de caudal y presión para la identificación de la curva característica de desempeño.* <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21237>

	<p>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</p>	
<p>Unidad Académica</p>	<p>Sistemas De Control</p>	
<p>Practica De Laboratorio</p>	<p>Escalamiento De Sensor De Caudal Para Simulación De Banco De Riego</p>	

INTRODUCCIÓN

El escalado de sensores es un proceso esencial en la instrumentación y control de procesos, que implica ajustar la señal de un sensor a un rango específico para su correcta interpretación. En entornos de simulación, como en un banco de riego, el escalado preciso de sensores es fundamental para garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos durante las pruebas.

En esta práctica, nos enfocaremos en el escalado de sensores utilizados en un banco de riego para simular diferentes condiciones de cultivo y evaluar sistemas de riego. Se explorarán técnicas para ajustar las señales de los sensores, como los caudalímetros, a los rangos adecuados de operación, lo que permitirá una interpretación precisa de los datos durante las simulaciones en el banco de riego.



OBJETIVOS

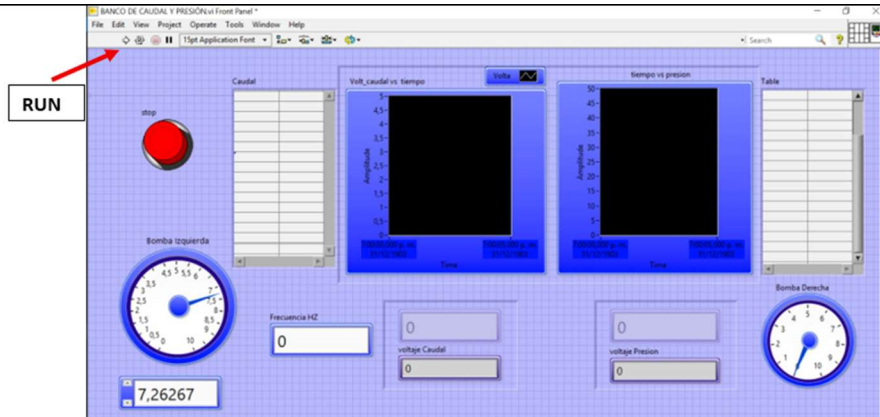
- Determinar la relación entre el voltaje suministrado al variador de frecuencia, que controla la velocidad del motor de la bomba en el banco de riego, y el voltaje generado por la presión dinámica en la tubería, con el fin de obtener una ecuación que permita calcular el caudal de agua que llena el tanque en función de estos voltajes.
- Obtener, en cada ensayo realizado, una tabla que relacione el voltaje suministrado al variador de frecuencia y el voltaje generado por la presión dinámica en la tubería. Estas tablas permitirán graficar la relación entre las variables y, mediante un modelo de análisis numérico utilizando Matlab (interfaz CFTOOL), deducir la ecuación que relaciona dichas variables

EQUIPOS Y MATERIALES

- Cronómetro
- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Manómetro analógico
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA 2

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cabar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre al nivel de más de 200 L.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora.
3. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa para comenzar la medición.



4. Esta práctica consiste en analizar la relación entre el caudal de llenado del tanque y las distintas frecuencias de operación. El objetivo es obtener los valores proporcionales de la variación del caudal y la velocidad de la bomba
5. Se mueve el potenciómetro gradualmente de 15 Hz a 60 Hz para tomar el valor del voltaje de caudal y registrarlo en un Excel para hallar el caudal

Prueba 1 - 20.0634Hz			
V [Litros]	Tiempo [s]	Q 20	V Q
10	28.5	0.350877193	1.33
10	27.74	0.360490267	1.33
10	27.37	0.365363537	1.33
10	26.76	0.372602078	1.33

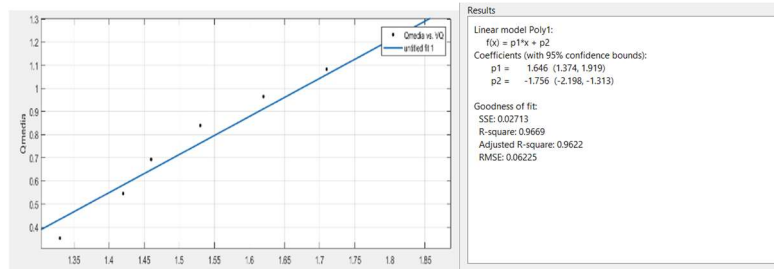
6. Después de trabajar con diferentes frecuencias regresamos el agua al tanque de suministro.
7. Luego, con ayuda de Matlab importamos la información del caudal para obtener los siguientes datos con el siguiente código

```
>> Qmedia=mean(Q20)
Qmedia =
    0.3529
>> Qdesv=std(Q20)
Qdesv =
    0.0204
>> CVq=(Qdesv/Qmedia)*100
CVq =
    5.7863
>> prtile(Q20,[25 50 75])
ans =
    0.3389    0.3557    0.3683
```

8. Este procedimiento se repite hasta llegar a los 60 Hz y obtener todos los datos de Caudal promedio

Qmedia	VQ
0.3529	1.33
0.5458	1.42
0.6933	1.46
0.8398	1.53
0.9649	1.62

9. Posteriormente se ingresan los datos a Matlab y se obtiene la siguiente gráfica que muestra el Q media vs. VQ



CONCLUSIONES

- El CFTool demostró ser una herramienta accesible para los estudiantes, permitiéndoles visualizar de manera comprensible cómo varía el voltaje con la frecuencia en los sensores de caudal.
- La práctica resaltó la importancia de realizar mediciones precisas (cronometro). Esta precisión resultó fundamental para comprender en profundidad cómo funcionan los sensores en diversas condiciones y cómo se relacionan con las señales de voltaje.
- Los resultados y aprendizajes de esta práctica tienen importantes aplicaciones en contextos prácticos. La comprensión del comportamiento de los sensores y su relación con las señales de voltaje es esencial en numerosos campos de la ingeniería.

REFERENCIAS

- Gutiérrez, R. B. (2022, December 20). *Diseñar un prototipo de medición de consumo de agua en entornos residenciales mediante el uso de un sistema bajo el estándar IEEE 802.15.4, soportado por un sensor de caudal y registro de información en la nube para el municipio de San Juan de Pasto*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54029>
- David, V. L. J. (2020, January 23). *Acondicionamiento del banco de bombas de la Universidad Santo Tomás, incorporando sensores de caudal y presión para la identificación de la curva característica de desempeño*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21237>



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Cálculo De Función De Transferencia De Presión De Banco De Riego

INTRODUCCIÓN

La práctica se enfoca en determinar la función de transferencia de la planta piloto utilizando la herramienta de identificación de sistemas en MATLAB. Las funciones de transferencia son cruciales para el diseño y análisis de sistemas de control.

Los datos necesarios se obtendrán de la práctica mediante un programa en LabVIEW, que incluye las funciones obtenidas en sesiones previas. Esto permitirá comprender el comportamiento dinámico del sistema de control de presión y caudal.



OBJETIVOS

- Adquirir y aplicar conocimientos prácticos sobre la utilización de la herramienta Ident en MATLAB para identificar modelos de sistemas dinámicos a partir de datos experimentales obtenidos de la planta piloto.
- Obtener, tres archivos de texto del software LabVIEW utilizarlos en el análisis con la herramienta Ident para el cálculo de nuestra función de transferencia.
- Evaluar y comprender el comportamiento dinámico del sistema de control de presión y caudal en la planta piloto mediante la obtención y análisis de funciones de transferencia, mejorando así la precisión del modelado del sistema.

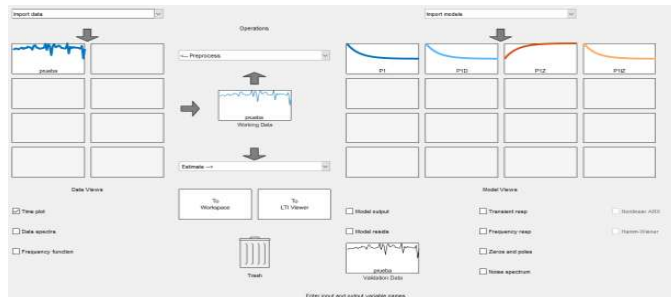
ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

HERRAMIENTA IDENT

La herramienta Ident (Identificación de Sistemas) en MATLAB es fundamental para la identificación y modelado de sistemas dinámicos a partir de datos experimentales. Esta herramienta permite estimar modelos matemáticos que describen el comportamiento dinámico de sistemas físicos basados en mediciones de entrada y salida.



Funcionalidades principales:

- **Carga y Preprocesamiento de Datos:** Permite importar y preprocesar datos experimentales, como la eliminación de ruido, la normalización y el manejo de datos faltantes.
- **Estimación de Modelos:** Facilita la estimación de diferentes tipos de modelos matemáticos, como:
 - **Modelos de caja negra (Black-Box Models):** Modelos ARX, ARMAX, Box-Jenkins, y modelos de estado.
 - **Modelos de caja blanca (White-Box Models):** Modelos basados en ecuaciones diferenciales o físicas conocidas del sistema.
 - **Modelos de caja gris (Grey-Box Models):** Combinan conocimiento físico parcial del sistema con datos experimentales.
- **Validación y Evaluación de Modelos:** Proporciona herramientas para la validación cruzada y evaluación de la precisión del modelo mediante técnicas como la comparación con datos no utilizados en el entrenamiento.
- **Análisis de Respuesta del Sistema:** Permite analizar la respuesta del sistema en el dominio del tiempo y la frecuencia, incluyendo la generación de gráficos de Bode, Nyquist y diagramas de polos y ceros.
- **Optimización de Parámetros:** Incluye métodos para ajustar y optimizar los parámetros del modelo para mejorar su precisión y adecuación a los datos experimentales.

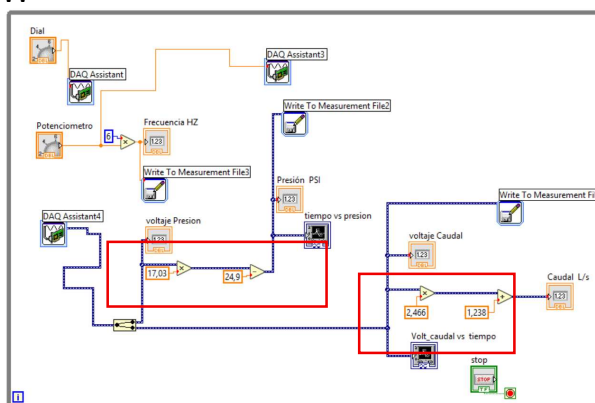
- **Exportación y Uso en Control:** Los modelos identificados pueden ser exportados para su uso en simulaciones y diseño de controladores dentro del entorno de MATLAB y Simulink.

EQUIPOS Y MATERIALES

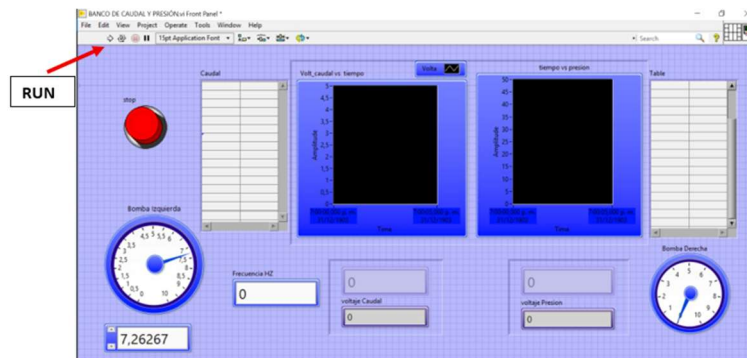
- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Manómetro analógico
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA 3

1. Se verifica si la bomba se encuentra con agua en la parte de succión, pues esto es necesario para su correcto funcionamiento (Cebiar la bomba) y que el tanque de suministro se encuentre lleno.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora, en este caso el software nos servirá de lector de la señal de voltaje enviada por el sensor ultrasónico dependiendo del nivel de llenado del tanque.
3. Con los datos obtenidos anteriormente de P1 Y P2 de caudal y nivel se modifican los datos en la interfaz de LabVIEW



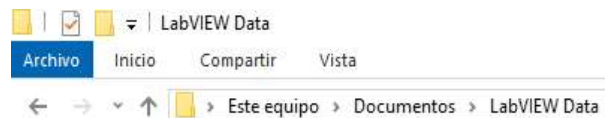
4. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa



5. Ejecutamos el programa en LabVIEW y comenzamos a aumentar la frecuencia gradualmente desde 0 hasta 60 Hz para simular diferentes condiciones de operación.
6. Mas o menos unos 5 segundos al llegar a 60 Hz le damos en el botón STOP, para ir a buscar los archivos de texto que nos va a generar el software para trabajarlos en la herramienta Ident



Nota: están en esta ubicación



7. Se encontrará un archivo de esta manera:

Archivo	Editar	Ver
0.029490		-4.788156
0.037459		-4.226827
0.045433		-4.515996
0.053408		-3.767557
0.066363		-4.601046
0.075333		-4.209817
0.084304		-4.311877
0.093274		-4.703106
0.101250		-4.686096
0.110216		-4.260847
0.123174		-4.345897
0.132144		-4.515096

8. Después de completar la etapa, procedemos a devolver el agua al tanque de suministro. En esta ocasión, utilizamos el ícono correspondiente en el software (DIAL).
9. desplazamos con el cursor para ajustar la velocidad de la bomba de retorno.
10. Teniendo estos datos, se importan a Matlab para hallar el tiempo máximo y el tiempo de muestreo

```
>> max(ts)

ans =

    306.9657

>> max(tc)

ans =

    306.9809

>> T_muestreo=max(tc)/length(tc)

T_muestreo =

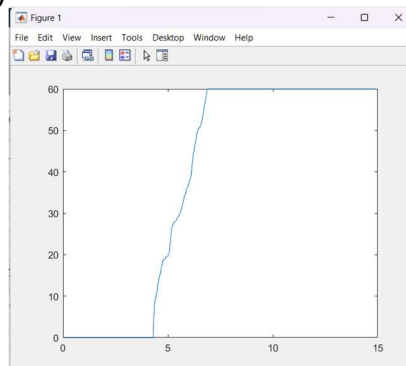
    0.0107

>> T_muestreo=max(ts)/length(ts)

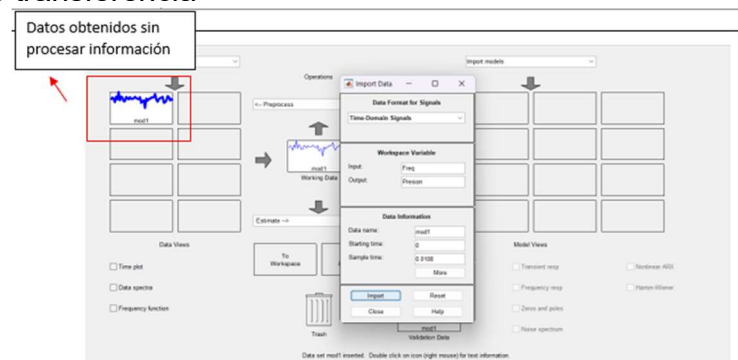
T_muestreo =

    0.0107
```

11. Luego con los datos de frecuencia hacemos la gráfica tiempo vs. Frecuencia con la siguiente fórmula $Frecuencia, plot(t, Freq)$ y se obtiene:



12. Así mismo se importan los datos de presión.
13. Con los datos obtenidos en la práctica se trabaja en Matlab con la herramienta Ident para calcular la función de transferencia



- Primero, se cargan los archivos de datos de la práctica, que incluyen registros de frecuencia, caudal y presión. Luego, se crean tres vectores columna para cada una de

estas variables.

- Realizar igualación de datos es importante asegurarse de que todos los vectores tengan la misma cantidad de datos para un análisis coherente.
- Se procede a abrir la herramienta de identificación de sistemas de MATLAB mediante el comando Ident.
- En la ventana de identificación, se selecciona la opción "Import Data" y se elige "Time domain data". Luego, se configuran adecuadamente las variables de entrada y salida utilizando los vectores frecuencia, caudal, y presión.
- verificar la consistencia de los datos y comprender mejor la relación entre las variables, se hace clic en "Time plot" para visualizar las gráficas de las variables asignadas.
- Se sigue por realizar la estimación del modelo haciendo clic en "Estimate" y seleccionando "Process models". Aquí se ajustan los parámetros según el tipo de función de transferencia que se requiera, teniendo en cuenta las características específicas del sistema.
- Después de la estimación, se examinan las diferentes funciones estimadas haciendo clic en "Model output". Se selecciona el modelo que mejor se ajuste a los datos experimentales, basándose en criterios como la bondad del ajuste.

Nota: el manejo de la herramienta IDENT el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

CONCLUSIONES

- La capacidad de Ident en MATLAB para estimar la función de transferencia de la planta piloto es esencial para el diseño y análisis de sistemas de control. Comparar los resultados de Ident con las características conocidas de presión y caudal de la planta permite validar la precisión y efectividad de esta técnica de identificación.
- La función de transferencia describe matemáticamente la relación entre la entrada y la salida del sistema. Analizar esta función ayuda a entender la dinámica del control de presión y caudal en fluidos, permitiendo diseñar estrategias de control más efectivas y optimizar el rendimiento del sistema bajo diversas condiciones operativas.
- La disponibilidad de un modelo preciso facilita el diseño y ajuste de controladores, como PID, para optimizar el rendimiento del sistema. La herramienta Ident, combinada con los datos obtenidos, permite mejorar la eficiencia y la estabilidad del control en la planta piloto.

REFERENCIAS

Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna (5a ed.). Pearson Educación, S.A.

Ormaza, DV, Quevedo, JM, González, CC y Redrovan, TG (2017). Identificación del modelo de un motor de CC mediante métodos gráficos y métodos paramétricos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* , 4 (2).

[1] Tamani, B.V. (2016). Obtención de Modelos de los Procesos Continuos Utilizando el Toolbox de Identificación de Sistemas de Matlab. *Electrónica-UNMSM* , 19 (1), 8-15



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Diseño Del Controlador Proporcional-Integral (Pi) De Banco De Riego

INTRODUCCIÓN

En esta práctica de laboratorio, se diseñó un controlador proporcional-integral (PI) para regular el sistema de control de presión del banco de riego utilizando la herramienta Sisotool de MATLAB. El objetivo principal fue mejorar la estabilidad y la respuesta dinámica del sistema, asegurando un control preciso de la presión. Se realizaron ajustes iterativos del controlador PI mediante la interfaz gráfica de Sisotool, optimizando sus parámetros para lograr un rendimiento óptimo del sistema.



OBJETIVOS

- Emplear la herramienta Sisotool de MATLAB para realizar un ajuste preciso de los parámetros del controlador PI. Este proceso incluye la sintonización iterativa de los valores de ganancia proporcional e integral para optimizar el comportamiento del sistema, mejorando su estabilidad y respuesta dinámica ante variaciones en las condiciones de operación.
- Realizar una evaluación del desempeño del controlador PI a través de pruebas experimentales en tiempo real en el banco de riego. Este análisis incluirá la observación de la respuesta del sistema bajo diferentes condiciones de carga y perturbaciones, asegurando que el controlador mantenga un control preciso y robusto de la presión.

- Emplear la herramienta Sisotool de MATLAB para realizar un ajuste preciso de los parámetros del controlador Pi.

FUNDAMENTO TEORICO

CONTROLADOR PROPORCIONAL -INTEGRAL (PI)

Un controlador PI (Proporcional-Integral) es un tipo de controlador utilizado en sistemas de control para mantener una variable de proceso en un valor deseado, compensando cualquier desviación entre la salida del sistema y la consigna (setpoint). Este tipo de controlador combina dos acciones de control: la proporcional (P) y la integral (I), para mejorar la precisión y estabilidad del sistema.

Componente Proporcional (P):

- La acción proporcional es directamente proporcional al error actual del sistema, que es la diferencia entre la consigna y la salida medida.
- La salida proporcional se calcula multiplicando el error por una constante de ganancia proporcional

Componente Integral (I):

- La acción integral se basa en la acumulación del error a lo largo del tiempo. Esto significa que incluso un pequeño error mantenido durante un periodo prolongado resultará en una acción correctiva significativa.
- La salida integral se calcula como la suma del error acumulado multiplicado por una constante de ganancia integral (K_i).

Aplicaciones del Controlador PI

- Procesos Industriales: Control de temperatura, presión, nivel de líquidos y flujo en sistemas de procesos.
- Sistemas de Energía: Regulación de generadores y sistemas de distribución eléctrica.
- Automatización: Control de velocidad y posición en motores eléctricos y sistemas robóticos.

HERRAMIENTA SISOTOOL

La herramienta Sisotool de MATLAB es una interfaz gráfica interactiva altamente especializada para la sintonización y análisis de controladores en sistemas de control de lazo simple (SISO: Single Input, Single Output). Esta herramienta permite a los ingenieros y técnicos en control diseñar, ajustar y analizar diversos tipos de controladores, incluyendo los controladores proporcionales (P), integrales (I), derivativos (D), y sus combinaciones (PI, PD, PID), así como controladores avanzados de estructura personalizada.

Características

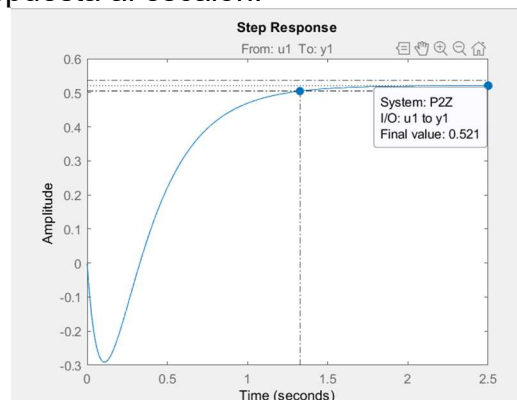
- Interfaz Gráfica Interactiva
- Análisis y Optimización
- Integración con Simulaciones
- Análisis de Estabilidad y Robustez
- Documentación y Reportes

EQUIPOS Y MATERIALES

- Variador de frecuencia
- Bomba hidráulica
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Presión y Caudal
- Manómetro analógico
- Válvulas

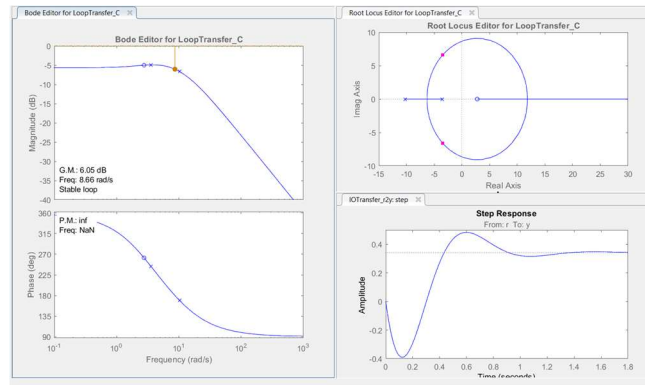
DESARROLLO DE LA PRACTICA 4

1. Utilizando MatLab y partiendo de la función de transferencia del sistema como dato conocido, obtenemos la gráfica de la respuesta al escalón.



2. Este valor significa que el sistema si necesita controlador ya que el error es de 48%

3. Para implementar el controlador reescribimos la función de transferencia y con ayuda de sisotool



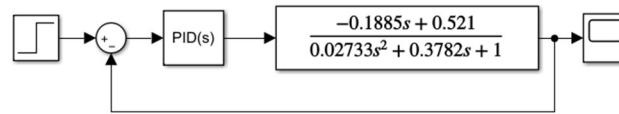
- En la ventana de comandos de MATLAB, se digita SISOTOOL y se presiona Enter.
- En Sisotool, se da clic en "Edit Architecture" y se selecciona el modelo adecuado. En esta misma pestaña, se carga la función de transferencia del sistema de control de presión del banco de riego.
- Diseño del controlador: Dentro de la gráfica "Root Locus Editor for LoopTransfer_C", se hace clic y se selecciona "Edit Compensator". Desde esta pestaña, se diseña el controlador PI.
- Continuamos Posicionándose dentro de la tabla "Dynamics", se da clic derecho y se selecciona "Add Pole or Zero" y luego "Real Zero". Se repite el proceso y se selecciona "Integrator", Los parámetros del controlador se ajustan para lograr un equilibrio entre estabilidad y rapidez de respuesta.
- Después de realizar cada ajuste, se da clic en "Export" y se exporta el controlador diseñado para su implementación.
- Nos debería dar una función de primer orden como esta.

Nota: el manejo de la herramienta SISOTOOL el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

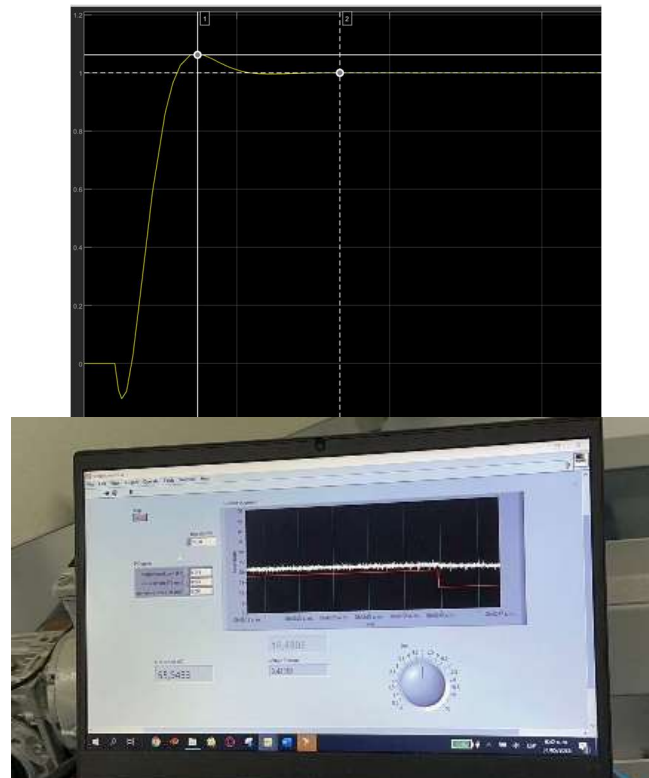
4. Obteniendo:

```
controladorPI =
    3.75 s + 30
    -----
           s
```

5. Luego calculamos los valores de K_p , K_d y K_i , según corresponda para poder realizar el diagrama de bloques



6. Para obtener una salida estable y posteriormente probar el controlador en el sistema



7. Con este resultado se calcula el error.

CONCLUSIONES

- El controlador PI diseñado con Sisotool de MATLAB mejoró significativamente el rendimiento del sistema de control de presión del banco de riego, logrando estabilidad y una respuesta rápida con mayor precisión y menor tiempo de establecimiento.
- La implementación y prueba del controlador PI en el banco de riego confirmaron que su diseño y constantes son adecuados para mantener una presión constante. El sistema respondió eficientemente a cambios en la demanda, demostrando la practicidad del controlador PI en escenarios de control de presión en tiempo real.
- La optimización de las constantes del controlador mejoró el rendimiento del sistema. La

inclusión de un cero real y un integrador permitió alcanzar eficientemente la presión objetivo de 30 psi, cumpliendo con los requisitos de desempeño.

REFERENCIAS

Orozco, O. A., & Ruiz, V. M. A. (2003). Sintonización de controladores PI y PID utilizando los criterios integrales IAE e ITAE. *Ingeniería*, 13(1-2), 31-39.

Moliner, R., & Tanda, R. (2016). Herramienta para la sintonía robusta de controladores PI/PID de dos grados de libertad. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13(1), 22-31.

Morales Laguado, L., Chamorro, H., & Soriano, J. (2009). Análisis y comparación entre un controlador PI difuso y un controlador PI óptimo convencional para un convertidor reductor. *Ingeniería e Investigación*, 29(3), 61-66.

Jaimes, B. R. A., Galindo, J. C. F., & Camperos, J. A. G. (2014). Desarrollo de una herramienta en Matlab para Sintonización de Controladores PID, utilizando algoritmos genéticos basado en técnicas de optimización multiobjetivo. *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 1(1), 80-103.

ANEXO C
MANUAL DE PRÁCTICAS-BANCO DE TEMPERATURA



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Escalamiento De la PT100

INTRODUCCIÓN

El banco de despulpado de mora extrae la pulpa de las semillas y la cascara creando una mezcla uniforme que se emplea en la elaboración de jugos y mermeladas. A su vez, este prototipo monitorea y controla la temperatura gracias a un sensor de temperatura y una

resistencia eléctrica, todo esto controlado desde LabVIEW.



OBJETIVOS

- Determinar la relación entre la temperatura suministrada por la resistencia, y el voltaje generado por esta temperatura, con el fin de obtener una ecuación que permita calcular la función de transferencia.

FUNDAMENTO TEORICO

ESCALADO DE SENSORES

El escalado de sensores de presión y caudal es un proceso fundamental en la instrumentación y control de procesos, que consiste en ajustar las señales de estos sensores a rangos específicos para su correcta interpretación y utilización en un sistema. En el contexto del banco de riego, donde se simulan diferentes condiciones de cultivo y se evalúa el rendimiento de sistemas de riego, el escalado preciso de estos sensores es crucial para obtener mediciones precisas y confiables.

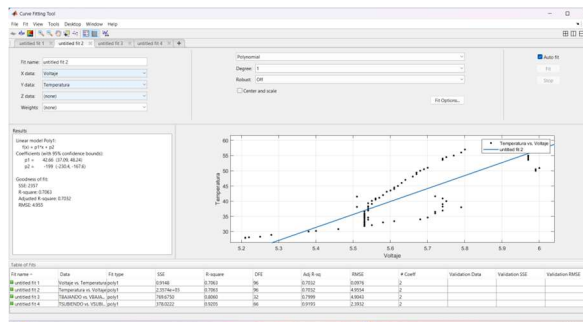
Los sensores de presión y caudal utilizados en el banco de riego generan señales eléctricas que varían en función de la presión y el caudal respectivamente. Estas señales deben ser escaladas adecuadamente para representar las magnitudes físicas de presión y caudal en unidades de medida como psi, bar, litros por minuto o galones por minuto, según corresponda.

El proceso de escalado puede ser lineal o no lineal, dependiendo de la relación entre la señal del sensor y la magnitud física medida. Además, el escalado puede implicar la corrección de errores o la calibración del sensor para garantizar mediciones precisas y consistentes.

HERRAMIENTA CFTOOL

CFTOOL es una herramienta en MATLAB que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para ajustar curvas y superficies a datos, así como para visualizar y analizar datos de forma interactiva. Con CFTOOL, los usuarios pueden realizar ajustes de curvas, interpolaciones, regresiones y análisis de superficies de manera rápida y sencilla, sin necesidad de escribir código MATLAB.

La herramienta permite a los usuarios cargar datos, seleccionar el tipo de ajuste deseado, elegir entre una variedad de modelos matemáticos predefinidos o personalizados, ajustar los modelos a los datos y visualizar los resultados del ajuste. CFTOOL también proporciona opciones para personalizar la presentación de los resultados y exportar los resultados a MATLAB para su posterior análisis y procesamiento.



TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



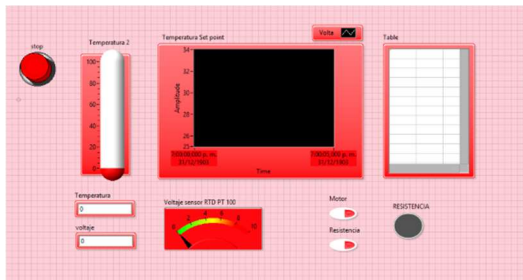
La tarjeta de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) de National Instruments es un dispositivo utilizado para adquirir señales analógicas y digitales de sensores y dispositivos externos, y convertirlas en datos digitales que pueden ser procesados por una computadora. Estas tarjetas son ampliamente utilizadas en aplicaciones de control, monitoreo y adquisición de datos en tiempo real.

Las tarjetas DAQ de National Instruments ofrecen una variedad de características y capacidades, que pueden incluir:

- Entradas analógicas: Para medir señales analógicas como voltajes o corrientes.
- Entradas digitales: Para leer señales digitales como pulsos o estados lógicos.
- Salidas analógicas: Para generar señales analógicas de salida.
- Salidas digitales: Para controlar dispositivos externos que requieren señales digitales.
- Resolución: La capacidad de la tarjeta para convertir una señal analógica en datos digitales, medida en bits (por ejemplo, 16 bits de resolución).
- Velocidad de muestreo: La frecuencia a la que la tarjeta puede adquirir datos, medida en muestras por segundo.

- Software de control: National Instruments ofrece software como LabVIEW y NI-DAQmx para configurar y controlar las tarjetas DAQ.

SOFWARE LABVIEW



LabVIEW es un entorno de desarrollo de sistemas de ingeniería creado por National Instruments. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de control, adquisición de datos, instrumentación virtual y automatización industrial. LabVIEW se basa en un lenguaje de programación gráfico llamado G, que permite a los usuarios crear programas visualmente conectando bloques de funciones (llamados VIs, o Virtual Instruments) en lugar de escribir código de programación

convencional.

- LabVIEW se utiliza en una amplia variedad de campos, incluyendo la ingeniería, la investigación científica, la educación y la industria. Algunas de las principales características y usos de LabVIEW son: Desarrollo de sistemas de control y monitoreo: LabVIEW permite a los usuarios desarrollar sistemas de control y monitoreo personalizados para una amplia gama de aplicaciones, desde control de procesos industriales hasta pruebas de laboratorio.
- Adquisición de datos: LabVIEW es ampliamente utilizado para adquirir datos de sensores y dispositivos de medición, convirtiendo estas señales en datos digitales que pueden ser procesados y analizados por el usuario.
- Instrumentación virtual: LabVIEW se utiliza para crear interfaces de usuario gráficas (VIs) que simulan instrumentos físicos, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear dispositivos virtuales desde su computadora.
- Automatización industrial: LabVIEW se utiliza en entornos industriales para controlar y monitorear procesos de fabricación y producción, mejorando la eficiencia y la precisión de las operaciones.

EQUIPOS Y MATERIALES

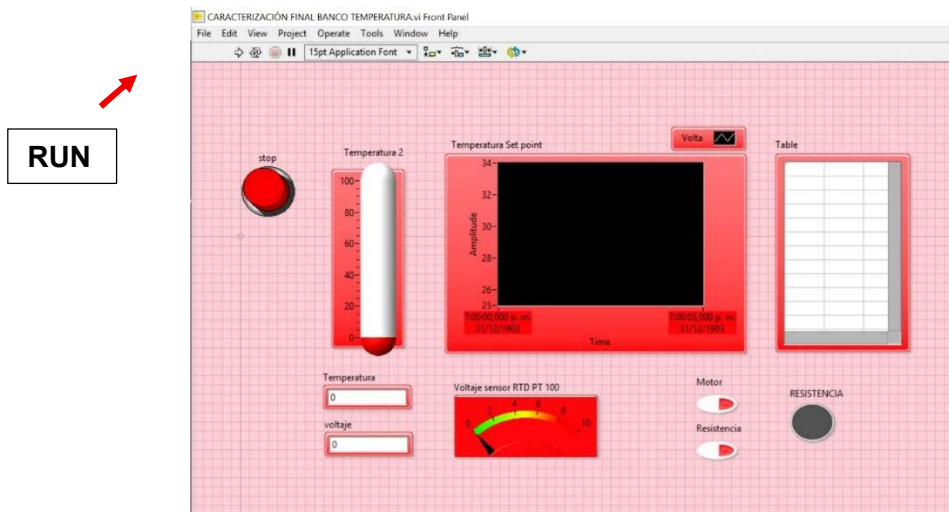
- Termómetro digital
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Temperatura
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA 1

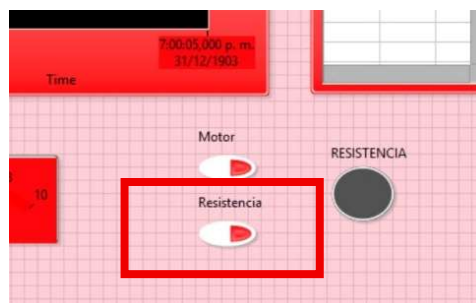
1. Se verifican que las conexiones estén en buen estado.
2. Abrir LabVIEW: Iniciar el software LabVIEW en la computadora y conectar la tarjeta de adquisición de datos.
3. Se coloca agua en el calentador



4. Ejecutar el programa: Hacer clic en el botón de "Run" o ejecutar el programa para comenzar la medición.



5. Se enciende la resistencia



6. Se toman las medidas de temperatura y voltaje, posteriormente se tabulan, este procedimiento se repite cuando sube la temperatura y cuando se apague la resistencia, es decir, cuando baje la temperatura

Temperatura Subiendo	Voltaje Subiendo		Temperatura Bajando	Voltaje Bajando
40.9	5.56		40.9	5.74
40.1	5.55		40	5.75
39.1	5.55		39	5.74
38.3	5.54		38.2	5.74
38.1	5.51		38	5.79
36.9	5.54		36.9	5.74
36.6	5.53		36.5	5.72

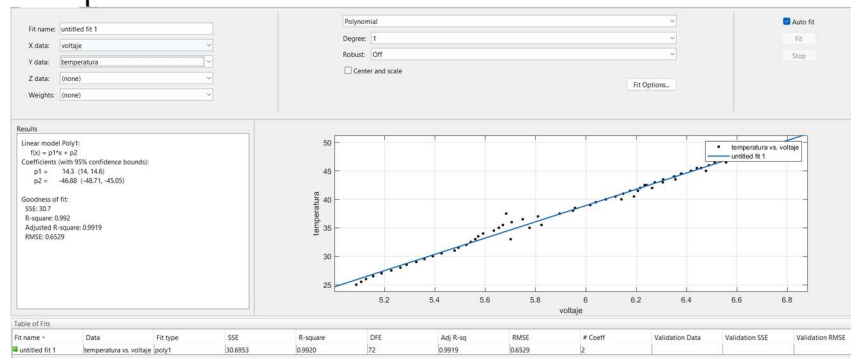
7. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima con ayuda de Excel.
8. Primero, se calcula la diferencia de voltajes (subiendo y bajando) obtenidos anteriormente.

Temperatura Subiendo	Voltaje Subiendo		Temperatura Bajando	Voltaje Bajando	Diferencia de voltaje
40.9	5.56		40.9	5.74	=H2-E2
40.1	5.55		40	5.75	0.2

9. Seguido de esto se calcula el span, este valor es la diferencia del voltaje mayor obtenido con el voltaje menor obtenido.
10. Teniendo estos datos se calcula la histéresis máxima de la siguiente manera

$$\text{Histéresis máxima} = \frac{\text{Diferencia de voltaje máxima}}{\text{span}} * 100$$

11. Ya con los valores de voltaje podemos ir a Matlab y con ayuda de la herramienta cftool se puede realizar una gráfica con la curva que nos ayuda a comprender el comportamiento del sensor dependiendo de la temperatura.



Nota: el manejo de la herramienta CFTOOL el profesor en clase dará una explicación de su manejo.

CONCLUSIONES

- El CFTool demostró ser una herramienta accesible para los estudiantes, permitiéndoles visualizar de manera comprensible cómo varía el voltaje con la temperatura en la PT100.

- Los resultados y aprendizajes de esta práctica tienen importantes aplicaciones en contextos prácticos. La comprensión del comportamiento de los sensores y su relación con las señales de voltaje es esencial en numerosos campos de la ingeniería.



Unidad Académica	Sistemas De Control
Practica De Laboratorio	Función de transferencia banco de temperatura

INTRODUCCIÓN

El banco de despulpado de mora extrae la pulpa de las semillas y la cascara creando una mezcla uniforme que se emplea en la elaboración de jugos y mermeladas. A su vez, este prototipo monitorea y controla la temperatura gracias a un sensor de temperatura y una resistencia eléctrica, todo esto controlado desde LabVIEW.



OBJETIVOS

- Determinar la función de transferencia del sistema.

EQUIPOS Y MATERIALES

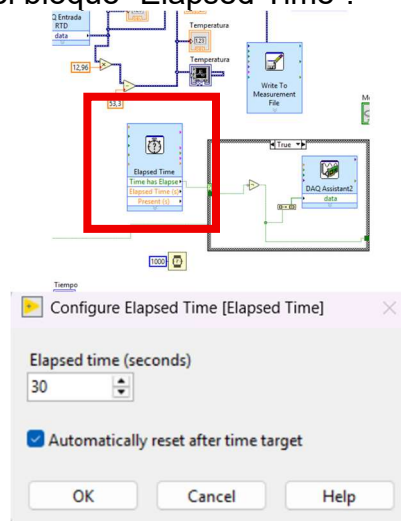
- Termómetro digital
- Tanque
- Software LabVIEW
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments DAQ
- Sensores de Temperatura
- Válvulas

DESARROLLO DE LA PRACTICA 2

1. Conectar la tarjeta de adquisición de datos al LabVIEW
2. Colocar agua en el calentador

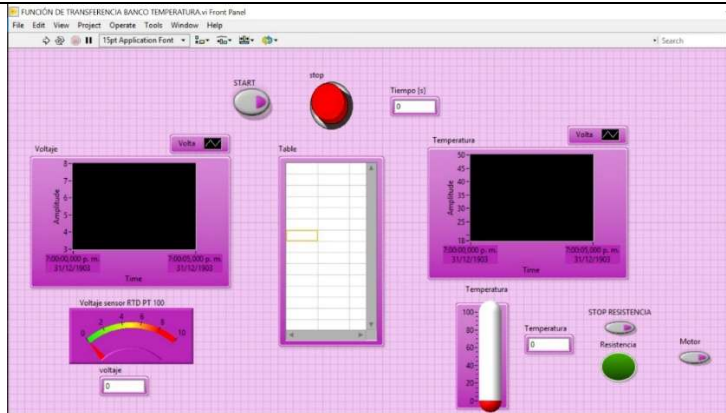


3. En el diagrama de bloques ajustar el tiempo del ancho de pulso (tiempo de encendido y apagado de la resistencia) en el bloque "Elapsed Time".

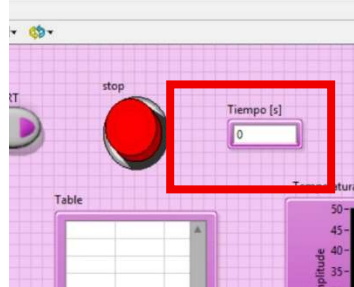


4. Ejecutar el programa.

RU



5. Detener el programa hasta el tiempo requerido por el docente



6. Una vez detenido el programa, se descargarán automáticamente los datos obtenidos en la prueba; buscar el archivo Excel en la carpeta "Descargas".

	A	B	C
1	Time	Voltaje	Temperatura
2	8/11/2025 16:49:38,695	4,929383	23,057102
3	8/11/2025 16:49:39,690	4,934537	23,13395
4	8/11/2025 16:49:40,696	4,925517	22,999466
5	8/11/2025 16:49:41,688	4,953865	23,422131
6	8/11/2025 16:49:42,695	4,924229	22,980254
7	8/11/2025 16:49:43,694	4,921652	22,94183
8	8/11/2025 16:49:44,701	4,938403	23,191586
9	8/11/2025 16:49:45,698	4,928095	23,03789
10	8/11/2025 16:49:46,694	4,942268	23,249223

7. Repetir del paso 4 al 7, variando el tiempo según indicaciones del docente.

8. Para cada prueba, identificar los tiempos de encendido y apagado (ancho de pulso).

*Tener en cuenta que la resistencia comienza apagada y que el programa entrega un dato por segundo transcurrido.

14. Calcular la temperatura promedio para cada tiempo ON y cada tiempo OFF.

*Ver imagen guía de prueba con ancho de pulso de 5 segundos.

	A	B	C	D
1	Time	Voltaje	Temperatura	
2	8/11/2025 16:49:38,695	4,929383	23,057102	
3	8/11/2025 16:49:39,690	4,934537	23,13395	
4	8/11/2025 16:49:40,696	4,925517	22,999466	=PROMEDIO(C2:C
5	8/11/2025 16:49:41,688	4,953865	23,422131	PROMEDIO(num
6	8/11/2025 16:49:42,695	4,924229	22,980254	
7	8/11/2025 16:49:43,694	4,921652	22,94183	
8	8/11/2025 16:49:44,701	4,938403	23,191586	
9	8/11/2025 16:49:45,698	4,928095	23,03789	23,0763142
10	8/11/2025 16:49:46,694	4,942268	23,249223	
11	8/11/2025 16:49:47,698	4,922294	22,961042	
12	8/11/2025 16:49:48,696	4,944846	23,287647	
13	8/11/2025 16:49:49,695	4,937114	23,172374	
14	8/11/2025 16:49:50,692	4,94098	23,23001	23,2184832
15	8/11/2025 16:49:51,688	4,935826	23,153162	
16	8/11/2025 16:49:52,695	4,942268	23,249223	

15. Hacer una nueva tabla con las columnas T_promedio y el tiempo del ancho de pulso.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Time	Voltaje	Temperatura					
2	8/11/2025 16:49:38,695	4,929383	23,057102					
3	8/11/2025 16:49:39,690	4,934537	23,13395				Tpromedio	Tiempo (seg)
4	8/11/2025 16:49:40,696	4,925517	22,999466	23,1185806			23,1185806	5
5	8/11/2025 16:49:41,688	4,953865	23,422131				23,0763142	5
6	8/11/2025 16:49:42,695	4,924229	22,980254				23,2184832	5
7	8/11/2025 16:49:43,694	4,921652	22,94183				23,1877436	5
8	8/11/2025 16:49:44,701	4,938403	23,191586				23,310701	5
9	8/11/2025 16:49:45,698	4,928095	23,03789	23,0763142			23,2645924	5

16. Importar esta nueva tabla como vector desde MATLAB.

	C	D	E	F	G	H
e	Temperatura	VarName4	VarName5	VarName6	T5	VarName8
	Number	Number	Text	Text	Number	Number
	Temperatur...					
294	23.0571					
345	23.1340					
255	22.9995	23.1186			Tpromedio	Tiempo (se...
539	23.4221				23.1186	5
242	22.9803				23.0763	5
217	22.9418				23.2185	5
384	23.1916				23.1877	5
281	23.0379	23.0763			23.3107	5
423	23.2492				23.2646	5
229	22.9610				23.3683	5
448	23.2876				23.6488	5
371	23.1724					

17. Repetir del paso 9 al 12 para los datos de cada prueba.
18. Calcular en MATLAB la temperatura media, la desviación, el coeficiente de variación y los percentiles de las temperaturas promedio importadas de cada prueba.

```
>> Tmedia=mean(T5)
Tmedia =
    23.2742
>> Tdesv=std(T5)
Tdesv =
    0.1791
>> Cvq=(Tdesv/Tmedia)*100
Cvq =
    0.7696
>> prctile(T5,[25 50 75])
ans =
    23.1532    23.2415    23.3395
```

19. Crear una nueva tabla recopilando las temperaturas medias del paso anterior en cada prueba.

	A	B
1	Temperatura media	Tiempo
2	24,4249	5
3	24,8389	5
4	25,4091	5
5	25,5365	5
6	24,6658	6
7	24,5473	7
8	25,1802	8
9	24,8703	10
10	25,2635	12
11	25,042	15
12	24,9321	15
13	25,055	16
14	25,2868	17
15	25,5866	18
16	25,3322	19
17	25,1974	20
18	25,1072	22

20. Importar esta última tabla desde MATLAB.
21. Aplicar la herramienta IDENT para determinar la función de transferencia.

Nota: El docente en clase dará una explicación del manejo de la herramienta IDENT

CONCLUSIONES

- El CFTool demostró ser una herramienta accesible para los estudiantes, permitiéndoles visualizar de manera comprensible cómo varía el voltaje con la temperatura en los sensores.
- La herramienta ident es primordial para el desarrollo de los estudiantes en el campo de la ingeniería

ANEXO D

Inventario del laboratorio de Automatización y sistemas de control

CODIGO	CALCOMANIA	DESCRIPCION	FECHA	VALOR	CENTRO DE COSTO	DEPENDENCIA	ESTADO	RESPONSABLE	TRASLADADO A	TRASLADADO DESDE
057177	2-18-A47887	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	ELECTROMECHANICA VIBRACIONES, CONTROL Y A	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		ELECTROMECHANICA VIBRACIONES, CONTROL Y A
057165	2-18-A47863	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057166	2-18-A47865	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057167	2-18-A47867	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057168	2-18-A47869	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057169	2-18-A47871	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057172	2-18-A47877	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057173	2-18-A47879	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057174	2-18-A47881	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057175	2-18-A47883	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057176	2-18-A47885	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057180	2-18-A47893	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057181	2-18-A47895	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057266	2-18-A47985	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057277	2-18-A48039	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
057149	2-18-A48077	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534.805	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
001534	2-18-A09047	SILLA GIRATORIA	24/07/2007	210.600	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
067563	2-18-C58478	SILLA INTERLOCUTORA ACCION VISITORE SB TB (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

057003	2-18-A47858	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	31/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
057013	2-18-A47878	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	31/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
057030	2-18-A47912	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	31/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
057068	2-18-A47988	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	31/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
056762	2-18-A48068	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	29/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
056794	2-18-A48132	SILLA INTERLOCUTORA NEGRA	30/07/2013	189.844,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
053483	2-18-A46248	SILLA GIRATORIA	1/04/2012	391.379	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
065289	2-18-A57132	MODULO PARA PUESTO DE COMPUTO 80CM*60CM	21/05/2015	340.000	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
065290	2-18-A57133	MODULO PARA PUESTO DE COMPUTO 80CM*60CM	21/05/2015	340.000	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
059766	2-24-A50801	MONITOR LCD DE 18.5 PULGADAS O SUPERIOR SERIAL Nº V406889(CONTRATO DE COMPRA - VENTA 003001-13)	11/04/2014	400.000	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
077098	2-10-A64521	CONTADOR ELÉCTRICO DE CAUDAL. CARACTERÍSTICAS:ENTRADA DE IMPULSOS NAMUR. FRECUENCIA NAMUR: 0-500HZ, ALIMENTACIÓN SENSORES 8.2 V O 24 V CC, SALIDA DE IMPULSOS. OPERADOR SE VISUALIZAN EL VALOR TOTAL Y EL CAUDAL.	2/10/2018	3.865.546	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
077099	2-10-A64522	CONTADOR ELÉCTRICO DE CAUDAL. CARACTERÍSTICAS:ENTRADA DE IMPULSOS NAMUR. FRECUENCIA NAMUR: 0-500HZ, ALIMENTACIÓN SENSORES 8.2 V O 24 V CC, SALIDA DE IMPULSOS. OPERADOR SE VISUALIZAN EL VALOR TOTAL Y EL CAUDAL.	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
077097	2-10-A64523	CONTADOR ELÉCTRICO DE CAUDAL. CARACTERÍSTICAS:ENTRADA DE IMPULSOS NAMUR. FRECUENCIA NAMUR: 0-500HZ, ALIMENTACIÓN SENSORES 8.2 V O 24 V CC, SALIDA DE IMPULSOS. OPERADOR SE VISUALIZAN EL VALOR TOTAL Y EL CAUDAL.	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
067551	2-18-C58493	ARCHIVADOR DE CUATRO GAVETAS(DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
023282	2-18-A10364	SUPERFICIE DE TRABAJO	31/12/2004	141.469	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
006538	2-18-A24872	SUPERFICIE DE TRABAJO 60*1.10	26/12/2007	161.000	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		
006539	2-18-A24873	SUPERFICIE DE TRABAJO 60*1.10	26/12/2007	161.000	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	SALA DOCENTES 2 DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		SALA DOCENTES 2 DE ELECTROMECHANICA

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

022366	2-18-A2067	ARCHIVADOR AEREO	26/11/2003	194.800	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
019093	2-18-A2092.	BIBLIOTECA	15/05/2003	349.200	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
077596	2-10-A64987	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICA		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
077597	2-10-A64988	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICA		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
077598	2-10-A64989	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6.890.756	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICA		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
077599	2-10-A64990	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6.890.756	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICA		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
077600	2-10-A64991	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICA		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
077108	2-10-A64532	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). CARACTERÍSTICAS: HARDWARE: CPU CON 14 ENTRADAS DIGITALES DE 24 VDC. 10 SALIDAS DIGITALES A 24 VDC. 2 ENTRADAS ANALÓGAS 4-20 MA. MEMORIA DE DATOS DE 50 KB.	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
077109	2-10-A64533	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). CARACTERÍSTICAS: HARDWARE: CPU CON 14 ENTRADAS DIGITALES DE 24 VDC. 10 SALIDAS DIGITALES A 24 VDC. 2 ENTRADAS ANALÓGAS 4-20 MA. MEMORIA DE DATOS DE 50 KB.	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		
077110	2-10-A64534	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). CARACTERÍSTICAS: HARDWARE: CPU CON 14 ENTRADAS DIGITALES DE 24 VDC. 10 SALIDAS DIGITALES A 24 VDC. 2 ENTRADAS ANALÓGAS 4-20 MA. MEMORIA DE DATOS DE 50 KB.	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL		

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

092455	2-10- A72831	COMPUTADOR PORTÁTIL, LENOVO THINKPAD E14 PROCESADOR: INTEL CORE I5, FRECUENCIA MAXIMA 4.2 GHZ, SUPERIOR O SIMILARES. MEMORIA RAM: MÍNIMO 8 GB DDR4 O SUPERIOR. DISCO DURO: 256 GB SSD O SUPERIOR. CÁMARA: WEB 720P. CONEXIÓN: COMBO DE WI-FI 802.11B/G/N Y BLUETOOTH E ETHERNET GIGABIT, PANTALLA 14 PULGADAS, INCLUYE CARGADOR, MOUSE USB DE LA MISMA MARCA, PARLANTES USB. GARANTIA MÍNIMA DE 3 AÑOS. SISTEMA OPERATIVO: WINDOWS PROFESIONAL ÚLTIMA VERSIÓN LIBERADA EN EL MERCADO 64BITS EN ESPAÑOL. GARANTIA MÍNIMA DE 3 AÑOS DE FÁBRICA. CAL WINDOWS SERVER ÚLTIMA VERSIÓN, OFFICE STANDARD ÚLTIMA VERSIÓN, LICENCIA ANTIVIRUS SOPHOS USADA POR LA ENTIDAD. DIADEMA BLUETOOTH (RANGO DE FRECUENCIA: 2.4HZ %U2013 2.480 GHZ, DISTANCIA TRANSMISIÓN: 10 METROS, PERFIL DE SOPORTE TÉCNICO: HFPV1,6 %U2013 HSPV1,2 %U2013 A2DVP1,2- AVRCVP1,4, STANDBY TIME: 200 HORAS.	24/12/ 2021	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA		CINDY / INSTRUMENTACION		COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
--------	-----------------	---	----------------	-------	--	-------------------------------------	--	----------------------------	--	-------------------------------------

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

92478	72854	<p>COMPUTADOR PORTÁTIL, LENOVO THINKPAD E14 PROCESADOR: INTEL CORE I5, FRECUENCIA MÁXIMA 4.2 GHZ, SUPERIOR O SIMILARES. MEMORIA RAM: MÍNIMO 8 GB DDR4 O SUPERIOR. DISCO DURO: 256 GB SSD O SUPERIOR. CÁMARA: WEB 720P. CONEXIÓN: COMBO DE WI-FI 802.11B/G/N Y BLUETOOTH E ETHERNET GIGABIT, PANTALLA 14 PULGADAS, INCLUYE CARGADOR, MOUSE USB DE LA MISMA MARCA, PARLANTES USB. GARANTIA MÍNIMA DE 3 AÑOS. SISTEMA OPERATIVO: WINDOWS PROFESIONAL ÚLTIMA VERSIÓN LIBERADA EN EL MERCADO 64BITS EN ESPAÑOL. GARANTIA MÍNIMA DE 3 AÑOS DE FÁBRICA. CAL WINDOWS SERVER ÚLTIMA VERSIÓN, OFFICE STANDARD ÚLTIMA VERSIÓN, LICENCIA ANTIVIRUS SOPHOS USADA POR LA ENTIDAD. DIADEMA BLUETOOTH (RANGO DE FRECUENCIA: 2.4HZ %U2013 2.480 GHZ, DISTANCIA TRANSMISIÓN: 10 METROS, PERFIL DE SOPORTE TÉCNICO: HFPV1,6 %U2013 HSPV1,2 %U2013 A2DVP1,2- AVRCPV1,4, STANDBY TIME: 200 HORAS. ESPECIFICACIONES DE LA BATERÍA: LITIO RECARGABLE (3,7V, 4800MAH), FUENTE DE CARGA: 5DC, 100-240V ADAPTADOR AC. POTENCIA: 3MW, CANAL: MONO, FRECUENCIA DE RESPUESTA: RANGO 20HZ-20KHZ, UNIDAD DE SPEAKER: OD 28MM, TIEMPO DE TRABAJO 17 HORAS (USANDO EL 50% DE VOLUMEN) PTZ WEBCAM RESOLUCIÓN MÁXIMA DE VIDEO: 1080P/30 FPS, MJPEG, H264, RESOLUCIONES ADMITIDAS: 1920X1080, 1280X720, 960X540, 640X360, VELOCIDAD DE FOTOGRAFÍAS ADMITIDA: MJPEG, 1920X1080 [30 24 20 15], 1280X720 [60 30 24 20 15], 960X540 [60 30 24 20 15], 640X360 [60 30 24 20 15], YUV: 1920X1080 5, 1280X720 [10 5], 960X540 [15 10 5], 640X360 [30 24 20 15 10 5], H264: 1920X1080 [30 24 20 15], 1280X720 [60 30 24 20 15], 960X540 [60 30 24 20 15], 640X360 [60 30 24 20 15], ZOOM DIGITAL: 2X, CAMPO DE VISIÓN: 90; AUDIO INTEGRADO: MICRÓFONOS OMNIDIRECCIONALES, DUALES INTEGRADOS CON CANCELACIÓN DE RUIDO; INSTALACIÓN DE CARDÁN NO EXTRAÍBLE, RANGO CONTROLABLE: PAN: ± 150, INCLINACIÓN: ± 45, RANGO ESTRUCTURALMENTE POSIBLE: PAN: ± 160; INCLINACIÓN: ± 90; VELOCIDAD MÁXIMA DE CONTROL: 120/S; REQUISITOS DE SISTEMA: WINDOWS10 O POSTERIOR, WINDOWS 8, WINDOWS 7, MACOS 10.13 O POSTERIOR. SEGUIMIENTO DE IA, CONTROL DE GESTOS, GIMBAL DE 2 EJES, INCLUYE TRIPODE AJUSTABLE EN 3 ALTURAS, ALTURA MÁXIMA: 130CM-1.3M. CONTRATO NO. 002214-21. PF380FRX</p>	24/12/2021	12.105.300,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
-------	-------	---	------------	---------------	------------------------------------	----------------------------------	-------	-------------------------	--	----------------------------------

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

89594	2-10- A70684	COMPUTADOR PORTATIL LENOVO S145 C15/8265U/1TB/8GB/VIDEO 2 GB/14 WINPRO. SERIALES: PF1MLDVE. GARANTÍA MÍNIMA DE 1 AÑO.	13/05/ 2020	4.600.000,0 0	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
	4-14- C77799	COMPRA EXTINTOR CO2 BIOXIDO DE CARBONO ES UTILIZADO PARA EQUIPOS DELICADOS COMO COMPUTADORES FAX MAQUINAS DE ESCRIBIR EQUIPOS ELECTRICOS CONECTADOS NO TOXICOS NO CORROSIVO ETC. 5 LIBRAS PESO CARGADO DE 8 KG. INCLUYE SOPORTE PARA INSTALACION EN PARED Y SEÑALIZACION. CONTRATO 00190623.	15/12/ 2022	159.664,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
67587	2-18- C58462	SILLA GIRATORIA NARANJA SIN BRAZOS TAPIZADA TIPO EJECUTIVA (DONACION UIS 2015)	18/12/ 2015	1	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
68669	2-24- A59451	CPU LENOVOTHINKCENTRE M93 C15 4570, 4GB,500GB,DVDRW,LED 18.5,WIN8PRO DG WINPRO SERIAL MJ03G0G6 CONTRATO COMPRAVENTA N° 001704-16	27/06/ 2016	3.168.103,0 0	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
61424	2-24- A55644	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/ 2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
61426	2-24- A55646	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/ 2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77103	2-10- A64527	FUENTES DE ALIMENTACION. CARACTERÍSTICAS: FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24 VOLTS DC. CORRIENTE MÁXIMA 2A. PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA LA FUENTE.	2/10/2 018	462.185,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77106	2-10- A64530	FUENTES DE ALIMENTACION. CARACTERÍSTICAS: FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24 VOLTS DC. CORRIENTE MÁXIMA 2A. PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA LA FUENTE.	2/10/2 018	462.185,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77107	2-10- A64531	FUENTES DE ALIMENTACION. CARACTERÍSTICAS: FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24 VOLTS DC. CORRIENTE MÁXIMA 2A. PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA LA FUENTE.	2/10/2 018	462.185,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77641	2-10- A65032	ESTRUCTURA METÁLICA DE ACUERDO A PLANOS PARA EL MONTAJE DE BANCOS DE TRABAJO DEL LABORATORIO, CON PINTURA ELECTROESTÁTICA.	21/12/ 2018	6.554.622,0 0	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77642	2-10- A65033	ESTRUCTURA METÁLICA DE ACUERDO A PLANOS PARA EL MONTAJE DE BANCOS DE TRABAJO DEL LABORATORIO, CON PINTURA ELECTROESTÁTICA.	21/12/ 2018	6.554.622,0 0	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	
77094	2-10- A64518	ACCESORIOS PARA EL PLC. CABLE TP CRUZADO 4X2 CON CONECTORES RJ45 LONGITUD 6 M. MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS: 1 AO, + 10 VDC RESOLUCIÓN 12 BITS, O 4-20 MA RESOLUCIÓN 11 BIT. REQUERIMIENTOS DE MARCA RECONOCIDA EN EL MERCADO NACIONAL POR MÁS DE 10 AÑOS.	2/10/2 018	1.344.538,0 0	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL	

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0

77095	2-10-A64519	ACCESORIOS PARA EL PLC. CABLE TP CRUZADO 4X2 CON CONECTORES RJ45 LONGITUD 6 M. MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS: 1 AO, + 10 VDC RESOLUCIÓN 12 BITS, O 4-20 MA RESOLUCIÓN 11 BIT. REQUERIMIENTOS DE MARCA RECONOCIDA EN EL MERCADO NACIONAL POR MÁS DE 10 AÑOS.	2/10/2018	1.344.538,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	Bueno	AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
006515	2-18-A24864	SUPERFICIE RECTA 0.6*0.9*0.025	26/12/2007	139.500,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO RESISTENCIA DE MATERIALES	Bueno	RESISTENCIA DE MATERIALES Y METALOGRAFIA	LABORATORIO RESISTENCIA DE MATERIALES
006516	2-18-A24865	SUPERFICIE RECTA 0.6*0.9*0.025	26/12/2007	139.500,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO RESISTENCIA DE MATERIALES	Bueno	RESISTENCIA DE MATERIALES Y METALOGRAFIA	LABORATORIO RESISTENCIA DE MATERIALES
061500	2-24-A56094	TECLADO DELL DONACION UNION EUROPEA	12/03/2015	15.000,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
104400	2-07-A79215	VIDEOPROYECTORES. LAMPARA TRADICIONAL. DISTANCIA REGULAR WUXGA O FULL HD. MINIMO 3.500 LUMENES. VIDEOPROYECTOR POWERLITE FH52 MAS REF V11H978021. ORDEN DE COMPRA 119605. X8AD3400142	30/01/2024	#####	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE SALUD ESTRUCTURAL	Bueno	HIDRAULICAS	LABORATORIO DE SALUD ESTRUCTURAL
012360	2-18-A13077	MUEBLE ESPECIAL BIBLIOTECA	9/05/2006	827.700,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	SALA DOCENTES 2 DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	SALA DOCENTES 2 DE ELECTROMECHANICA
061425	2-24-A55645	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
067571	2-18-C58469	SILLA CON HERRAJE EN S TAPIZADA EN PANO (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
067575	2-18-C58477	SILLA CON HERRAJE EN S TAPIZADA EN PANO (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
067560	2-18-C58479	SILLA INTERLOCUTORA VERDE MATIZ SIFA UM 5640 (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
067569	2-18-C58475	SILLA CON HERRAJE EN S TAPIZADA EN PANO (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
067561	2-18-C58470	SILLA EN S ESTRUCTURA METALICA TAPIZADA EN PANO (DONACION UIS 2015)	18/12/2015	1	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	COORDINACION DE ELECTROMECHANICA
057122	2-18-A47991	MODULO DE LECTURA 100X70	29/07/2013	640.000,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
057111	2-18-A48003	MODULO DE LECTURA 100X70	29/07/2013	640.000,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
061428	2-24-A55648	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
061429	2-24-A55649	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	ELECTROMECHANICA VIBRACIONES, CONTROL Y A	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION	ELECTROMECHANICA VIBRACIONES, CONTROL Y A

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 2.0



061427	2-24-A55647	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
061423	2-24-A55643	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		ALMACEN DE ELECTROMECHANICA
077102	2-10-A64526	TACÓMETROS DIGITALES DE DISPARO. CARACTERÍSTICAS : SEÑAL DE SALIDA: SALIDA ANALÓGICA Y DE PULSOS. PANTALLA LCD PARA LA INDICACIÓN. PRESIÓN: +- 1 DIGITO. A PRUEBA DE POLVO Y CAÍDAS (IP 50) DISTANCIA OBJETO (SIN CONTACTO) 500MMM	2/10/2018	#####	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA	Bueno	HIDRAULICAS		LABORATORIO DE MECANICA HIDRAULICA
061430	2-24-A55650	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS COMUNICACION CON PC A TRAVES USB;(8) ENTRADAS ANALOGICAS, DE 14 BITS Y DOCE(12) ENTRADAS DIGITALES;SOFTWARE DE PROGRAM	17/02/2015	742.457,00	UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER	ALMACEN DE ELECTROMECHANICA	Bueno	CINDY / INSTRUMENTACION		ALMACEN DE ELECTROMECHANICA

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

ANEXO E
FICHA TÉCNICA- BANCO DE NIVEL

	FICHA TECNICA DE MODULOS		Fecha: 03-09-2025
	LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL		Código:
			Versión: 001-2025
Nombre del modulo	Banco de nivel		
Código inventario	2-10-A65032		
Responsable	Camilo Sandoval		
CC. Responsable			
			
Riesgos Generales			
Riesgo Eléctrico	X	Sobreesfuerzo Muscular	
Riesgo por Quemadura		Postura Forzada	X
Riesgo por Corte o Golpe		Riesgos Por Soldadura	
Exposición a Gases Refrigerantes		Riesgos Ambientales	X
Precauciones			
Utilizar equipo de protección adecuado (Gafas de seguridad, bata, guantes, etc.)			
Verificar Conexiones antes de encender equipos			
Seguir instrucciones de Manual de Usuario			
Componentes	Cantidad	Características	Marca
Breaker 5SL62MCBC2	1	2 polos, 2 Amp, 400 V	SIEMENS
Breaker 5SY62MCBC6	1	30kA, 400 V	SIEMENS
variador SINAMICS V20	1	200-240V, 10A 50/50Hz, Motor 1HP	SIEMENS
Selector	3	Dos posiciones	
Piloto	1	Piloto rojo, 220 V	EBCHQ
Piloto	1	Piloto verde, 220 V	EBCHQ
Borneras	19	Borneras rojas	
Borneras	51	Borneras negras	
Fuente DC	1	24 V, 10A	SIEMENS
Amperimetro	1	0-30 mA	
Generador	1	4- 20 mA	
PLC	1	AC/DC/RLY	SIEMENS
swch	1	ON-OFF	
HMI	1	Pantalla de 7"	SIEMENS
Motor	1	1 HP, 220-440 V, 60 Hz	Pedrolo
Tanques	2	transparentes en acrílico	
Pulsador	1	Pulsador verde	
Valvula	3	Naranjas	
Tubos y codos		PVC	
Temporizador digital	1	Pantalla LED de 6 digitos, 100-240 VAC, IP 65	Inspect
Voltimetro digital	1	Color rojo, 60-500V AC IP65	
Valvula	1	Azul	
Descripción de uso			
Banco para practicas de medición de nivel y caudal			

Elaborado por: Camila Morales

Revisado por: Cristian Martin

Aprobado po: Cristian Martin

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

FICHA TÉCNICA- BANCO DE RIEGO

	FICHA TECNICA DE MODULOS	Fecha: 03-09-2023
	LABORATORIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO	Código: Versión: 001-2023
Nombre del modulo	Banco de riego	
Código inventario		
Responsable	Lisney Carolina García Ortiz	
CC. Responsable	1004860046	



Riesgos Generales			
Riesgo Eléctrico	x	Sobreesfuerzo Muscular	
Riesgo por Quemadura		Postura Forzada	x
Riesgo por Corte o Golpe		Riesgos Por Soldadura	
Exposición a Gases Refrigerantes		Riesgos Ambientales	x

Precauciones			
Utilizar equipo de protección adecuado (Gafas de seguridad, bata, guantes, etc.)			
Verificar Conexiones antes de encender equipos			
Seguir instrucciones de Manual de Usuario			
Componentes	Cantidad	Características	Marca
Tanques de almacenamiento	2	Capacidad: 150–200 L, Material: acero galvanizado pintado	
Válvulas manuales tipo bola	8	Materiales: acero inoxidable / latón niquelado, Rosca: 1/2" o 3/4"	
Sensor de presión	1	0 bar, Salida: 4–20 mA, Alimentación: 24 V DC, Rosca: 1/2"	Badger Meter
Sensor de caudal SBY321	1	0 l/min, Salida: 4–20 mA, Alimentación: 24 V DC, Precisión: ±1.5%	Badger Meter
Tubería	-	Material: PVC presión, Diámetro nominal: 1/2"-1", Presión: 10 bar	
Medidor digital de proceso	1	LED 3 1/2 dígitos, Entradas: 4–20 mA, Alimentación: 24 V DC	Autonicz CT65-1P2
mangueras	2	Material: caucho reforzado, Diámetro: 1/2"-3/4"	Favco
Bombas centrífugas	2	Alimentación: 120 V AC, Caudal nominal: 20–30 L/min, Diámetro: 2.5"-4"	Pedrollo
Manómetros analógicos	2	Diámetro: 2.5"-4", Precisión: ±1.6 % FS, Conexión: 1/2"	WIKA
Interrupción termomagnético trifásico	1	10 kA de capacidad de ruptura, corriente nominal: 100 A	ABB
Borneras de conexión	10	600 V, corriente nominal 24–32 A, sección de conductor: 16–25 mm²	Phoenix Contact
Interrupción termomagnéticos bipolares	2	400 V AC, curva C, corriente nominal 6–20 A, 10 polos	Schneider Electric (E2C)
Interrupción termomagnéticos monopoles	3	400 V AC, curva C, corriente nominal 6–20 A, 10 polos	Schneider Electric (E2C)
Relé de control / relé auxiliar	1	120 V AC, 4 contactos (2NA+2NC), corriente de carga: 10 A	Schneider Electric
Temporizador analógico	1	1–100 h, 1 contacto inversor 8 A/250 V AC, alimentación: 24 V DC	Schneider Electric (RE17 o similar)
Relé de control de nivel / tensión	1	120 V AC/DC, 1 o 2 salidas de relé 8 A, ajuste de umbrales: 0–10 V	Schneider Electric (RM35)
Unidad de alimentación con display digital	2	AC, salida 24 V DC / 5 A, potencia 120 W, display visual: 16x2 caracteres	EBCHO LYP120-24MBDA
Contacto auxiliar	1	120 V AC o 230 V AC, contactos 3NA+1NC, corriente nominal: 10 A	Schneider Electric
Borneras de salida	5	3 V, corriente 24 A, conductor 0.5–4 mm², montaje: DIN	Phoenix Contact
Ventilador de gabinete	1	120 V AC, flujo 50–70 m³/h, diámetro 80–120 mm, velocidad: 1500 RPM	Marca genérica industrial
Luminaria interna del gabinete	1	120 V AC, tipo LED, potencia 9–18 W, montaje magnético	Vinytias
Controlador Programable (PLC) CompactLogix	1	16 canales de E/S, Memoria: 0.5 MB, Comunicación: Ethernet	Allen-Bradley
Unidad de alimentación conmutada DRP-1500	1	24 V DC / 10 A, Potencia: 240 W, Eficiencia: 88%, Protección: IP20	Mean Well
Amplificador de Frecuencia PowerFlex 3	2	0–400 Hz, Comunicación: Ethernet/IP, Modbus, Tensión nominal: 24 VDC	Allen-Bradley
Unidad de distribución de 24 VDC (+24VDC)	12	Tensión nominal: 800 V, Corriente nominal: 32 A	Phoenix Contact
Conector de unión (color negro)	2	Tensión nominal: 32 A, Para bornas de paso de 2.5 mm²	Phoenix Contact
Borneras de señal / paso	27	Tensión nominal: 600 V, Corriente nominal: 24 A	Phoenix Contact
Relés intermedios	16	de conmutación: 6–10 A, 1 contacto inversor (1CO)	Phoenix Contact
Bloque de borneras de salida	35	Tensión nominal: 800 V, Corriente nominal: 32 A	Phoenix Contact
Unidad de alimentación industrial 120 V con conexión de emergencia	1	120 V AC, Corriente: 15 A, Tipo NEMA 5-15	Marca genérica industrial
Router WiFi inalámbrico	1	Frecuencia: 2.4 GHz, Puertos LAN/WAN Ethernet, Velocidad: 300 Mbps	Tenda
Interrupción termomagnético bipolares	1	2 polos (1P+N), Tensión: 240 V AC, Corriente nominal: 6–20 A	Schneider Electric
Interrupción termomagnético tripolares	1	3 polos, Tensión: 400 V AC, Corriente nominal: 16–32 A	ABB
Borneras de conexión a tierra	2	Tensión nominal: 800 V, Corriente nominal: 32 A	Phoenix Contact

Descripción de uso

Planta piloto para el control de presión y caudal en fluido

Elaborado por: Camila Morales

Revisado por: Cristian Martin

Aprobado por: Cristian Martin

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023