



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DIFUSO PARA UN PROCESO DE
TEMPERATURA EN UNA PLANTA DIDÁCTICA DE CONTROL (EPC)
MEDIANTE LabVIEW**

Trabajo de titulación preliminar al

Título de Ingeniero en Electrónica

AUTORES: WELLINGTON IVÁN TOTOY GUILCA.

MOISÉS DAVID VÉLEZ RODRÍGUEZ.

TUTOR: ING. GEOVANNY GARCIA FLOR, MSC.

Guayaquil – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Moisés David Vélez Rodríguez con documento de identificación N° 0928880251 y Wellington Iván Totoy Guilca con documento de identificación N° 0956708788, manifestamos que:

Somos las autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación

Guayaquil, 26 de agosto del año 2024.

Atentamente,



Moisés David Vélez Rodríguez

0928880251



Wellington Iván Totoy Guilca

0956708788

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Moisés David Vélez Rodríguez con documento de identificación N° 0928880251 y Wellington Iván Totoy Guilca con documento de identificación N° 0956708788, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico "DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DIFUSO PARA UN PROCESO DE TEMPERATURA EN UNA PLANTA DIDÁCTICA DE CONTROL (EPC) MEDIANTE LabVIEW" el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

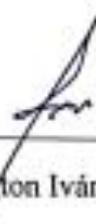
Guayaquil, 26 de agosto del año 2024.

Atentamente,



Moisés David Vélez Rodríguez

0928880251



Wellington Iván Totoy Guilca

0956708788

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Geovanny García con documento de identificación N° 0922357702, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DIFUSO PARA UN PROCESO DE TEMPERATURA EN UNA PLANTA DIDÁCTICA DE CONTROL (EPC) MEDIANTE LabVIEW, realizado por Moisés David Vélez Rodríguez con documento de identificación N° 0928880251 y WELLINGTON IVÁN TOTOY GUILCA con documento de identificación N°0956708788, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de agosto de 2024

Atentamente,



Ing. Geovanny García. MSc.

0922357702

IV



IV

DEDICATORIA

A mis padres y amigos,

Este proyecto de titulación es un reflejo de la determinación y el amor incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida. Ustedes, mis constantes fuentes de inspiración han sido la fuerza inquebrantable que me ha guiado en cada etapa de mi vida académica y más allá. Sus sacrificios, su esfuerzo incansable y su dedicación desinteresada han sido la base sobre la cual he construido cada palabra de este trabajo. Desde las largas noches de estudio hasta los momentos de duda y cansancio, su apoyo incondicional ha sido mi motor. Han estado presentes en cada pequeño logro y en cada gran desafío, celebrando mis éxitos y ayudándome a levantarme en mis caídas. Su confianza en mis capacidades me ha dado el coraje para enfrentar cualquier obstáculo y la perseverancia para nunca rendirme. A lo largo de este arduo camino, he encontrado en ustedes un refugio seguro y un pilar de fortaleza. Han sido mis mentores, consejeros y amigos, brindándome orientación y sabiduría en cada decisión que he tomado. Sus palabras de aliento y su fe en mí han sido la luz en los momentos más oscuros, impulsándome a seguir adelante cuando todo parecía difícil.

Moisés Vélez R.

DEDICATORIA

A mis padres,

No solo han sido guías en mi educación, sino también modelos a seguir en todas las facetas de mi vida. Su ejemplo de fortaleza, integridad y amor ha moldeado mi carácter y mis valores. Por todo esto y mucho más, este proyecto no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también un tributo a todo lo que han hecho por mí. Espero que este trabajo sea un pequeño reflejo de todo el cariño y esfuerzo que han invertido en mí. Les dedico este logro con la mayor gratitud y amor, sabiendo que, sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible. Gracias por ser mis pilares, mis inspiraciones y mis mayores motivaciones.

Wellington Iván Totoy Guilca

AGRADECIMIENTO

A mi querida familia, su apoyo eterno ha sido la guía que ha orientado mi camino, sacándome de los momentos más difíciles con su constante amor incondicional. Cada meta alcanzada refleja ese respaldo, y cada triunfo logrado está impregnado de sus valores inculcado desde niño.

A mi honorable tutor de tesis, por su compromiso, su dedicación, enseñanzas y perseverancia tuve la energía impulsora que me ha guiado, orientándome con paciencia y proporcionándome las herramientas fundamentales para el éxito. Y en especial a todos mis amigos que me han acompañado en esta travesía, mis respeto y cariño por ser unos de los pilares que me han ayudado en mi etapa académica y por su ayuda esencial a lo largo del camino en mi etapa universitaria.

Moisés David Vélez Rodríguez

AGRADECIMIENTO

A Dios que ha intercedido por mi bienestar cada día. A mis padres que han dado lo mejor para apoyarme durante este largo viaje por todos estos años. A mi madre que estuvo allí desde el inicio, contando siempre con su amor y compañía en todo momento. A mis amigos que siempre nos apoyábamos mutuamente en los estudios.

A mi maestro lleno de sabiduría que daba sus clases de manera única, mediante anécdotas e historias impartía sus enseñanzas hacia mí, donde quiera que se encuentre espero que este orgulloso de su influencia en mi vida.

Wellington Iván Totoy Guilca

Resumen

El proyecto se enfocó en el diseño e implementación de un controlador difuso para la regulación de temperatura en una Planta Didáctica de Control (EPC), utilizando LabVIEW junto con la tarjeta NI myRIO 1900. El objetivo principal fue ofrecer una solución innovadora para el control de procesos, aprovechando las capacidades de la lógica difusa para gestionar las condiciones complejas y no lineales típicas de los sistemas dinámicos de control térmico.

Durante el desarrollo, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del comportamiento térmico de la planta, permitiendo la identificación de variables críticas y la formulación de reglas difusas para un control preciso. A pesar de los desafíos técnicos, como la necesidad de ingresar manualmente las reglas debido a problemas de integración, se logró implementar con éxito el sistema en LabVIEW. Esta plataforma proporcionó una interfaz de usuario interactiva, facilitando la supervisión y el ajuste en tiempo real de los parámetros del sistema.

El rendimiento del controlador difuso fue evaluado mediante una serie de pruebas que simulaban diferentes escenarios operativos. Los resultados demostraron que el sistema era eficaz en mantener la temperatura en los niveles deseados con alta precisión. Además, se desarrollaron prácticas didácticas que permitieron a los estudiantes experimentar las ventajas del controlador difuso frente a métodos convencionales como el PID.

Este proyecto no solo avanzó en el desarrollo de técnicas de control de temperatura, sino que también sirvió como una herramienta educativa valiosa, proporcionando a estudiantes y profesionales una comprensión más profunda de las tecnologías de control avanzadas y estrategias de control adaptativo. En resumen, el proyecto optimizó el control de procesos y enriqueció la formación académica en ingeniería de control.

Palabras Calves: *Keywords:* fuzzy, LabVIEW, myRIO 1900, PID, EPC.

Abstract

The project focused on the design and implementation of a fuzzy controller for temperature regulation in an Educational Control Plant (EPC), using LabVIEW together with the NI myRIO 1900 card. The main objective was to offer an innovative solution for the control of processes, taking advantage of the capabilities of fuzzy logic to manage the complex and non-linear conditions typical of dynamic thermal control systems.

During development, an exhaustive analysis of the thermal behavior of the plant was carried out, allowing the identification of critical variables and the formulation of fuzzy rules for precise control. Despite technical challenges, such as the need to manually enter rules due to integration issues, the system was successfully implemented in LabVIEW. This platform provided an interactive user interface, facilitating real-time monitoring and adjustment of system parameters.

The performance of the fuzzy controller was evaluated through a series of tests that simulated different operating scenarios. The results demonstrated that the system was effective in maintaining the temperature at the desired levels with high precision. In addition, teaching practices were developed that allowed students to experience the advantages of the fuzzy controller over conventional methods such as PID.

This project not only advanced the development of temperature control techniques, but also served as a valuable educational tool, providing students and professionals with a deeper understanding of advanced control technologies and adaptive control strategies. In summary, the project optimized process control and enriched academic training in control engineering.

Keywords: fuzzy, LabVIEW, myRIO 1900, PID, EPC.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	1
II PROBLEMA.....	3
III OBJETIVOS	5
3.1. Objetivos generales.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
IV FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
4.1 Controladores Difusos.....	6
4.1.1 Control de Temperatura en Procesos	6
4.1.2 Control PID.....	8
4.1.3 Sistemas lineales de la Optimización Avanzada de Modelos Térmicos	8
4.2 LabVIEW.....	9
4.3 Diseño del Control Difuso.....	10
4.4 Sensor LM35.....	11
4.5 NI myRIO 1900.....	12
4.5.1 PINES DE CONEXIÓN.....	13
4.6 Entrenador de planta didáctica de control	14
V METODOLOGÍA.....	17
5.1 Descripción del proyecto.....	17
5.2 Establecer las funciones de pertenencia del control difuso para el proceso de temperatura.	18
5.2.1 Definición de Variables y Funciones de Membresía.....	18
5.2.2 Creación de las Funciones de Membresía en LabVIEW	19
5.2.3 Integración con NI myRIO 1900.....	19
5.2.4 Visualización en Tiempo Real	20
5.3 Diseñar un controlador difuso usando el software LabVIEW.	21
5.3.1 Librerías usadas para la comunicación de LabVIEW.....	21
5.3.2 Runtime Engine	21
5.3.3 LabVIEW myRIO Software Bundle.....	22
5.3.4 Configuración del software con la tarjeta Ni myRIO	23
5.3.5 Comunicación con el software.....	24
5.3.5 Diseño del Controlador Difuso.....	25
5.3.6 Inicialización el Proyecto:.....	25
5.3.7 Configurar el Análisis de Entrada:.....	26
5.3.8 Implementar la Modulación de Ancho de Pulso (PWM):.....	28
5.3.9 Calcular y Ajustar la Temperatura:	29
5.3.10 Configurar el Controlador Difuso:	29

5.3.11 Definir Variables y Reglas Difusas:.....	30
5.3.12 Agregar Indicadores y Configurar Visualización:.....	31
5.3.13 Definir Reglas Difusas:	31
5.3.14 Guardar Configuraciones y Datos:.....	32
5.3.15 Evaluar el comportamiento del controlador difuso en un proceso de temperatura.	33
VI Resultados.....	38
6.1 Establecimiento de las funciones de pertenencia del control difuso	38
6.1.1 Conexión y Configuración de la Tarjeta NI myRIO	38
6.1.2 Conexiones Físicas.....	38
6.1.3 Configuración de Canales.....	38
6.2 Diseño del Controlador Difuso con el Software LabVIEW.....	40
6.2.1 Configuración del Controlador Difuso.....	40
6.2.2 Evaluación del Desempeño del Sistema.....	44
6.2.3 Precisión en el Control de Temperatura.....	44
6.2.4 Estabilidad del Sistema	44
Pruebas de Perturbación	45
6.3 Evaluación del comportamiento del controlador difuso en un proceso de temperatura	52
6.3.1 Desempeño del Controlador PID	52
6.4 Resumen de Resultados	61
VII CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	65
VIII PRESUPUESTO	66
IX CONCLUSIONES	67
X RECOMENDACIONES	68
XI BIBLIOGRAFÍA	69
XII ANEXOS	71
12.1 TÍTULO: Configuración de datos digitales para el Control on/off de la entrenadora de procesos.	72
12.2 TÍTULO: Configuración y comunicación básica con la tarjeta NI myRIO	80
12.3 TÍTULO: Configuración y comunicación básica con la tarjeta NI myrio.....	87

Índice de Figura

Figura 1	6
Figura 2	7
Figura 3	10
Figura 4	11
Figura 5	12
Figura 6	12
Figura 7	13
Figura 8	13
Figura 9	14
Figura 10	16
Figura 11	17
Figura 12	19
Figura 13	20
Figura 14	21
Figura 15	22
Figura 16	23
Figura 17	24
Figura 18	25
Figura 19	26
Figura 20	26
Figura 21	27
Figura 22	27
Figura 23	27
Figura 24	28
Figura 25	28
Figura 26	29
Figura 27	29
Figura 28	30
Figura 29	31
Figura 30	31
Figura 31	32
Figura 32	33
Figura 33	34
Figura 34	34
Figura 35	35
Figura 36	35
Figura 37	36
Figura 38	36
Figura 39	38
Figura 40	39
Figura 41	40

Figura 42.	41
Figura 43.	44
Figura 44.	45
Figura 45.	52
Figura 46.	53
Figura 47.	53
Figura 48.	54
Figura 49.	54
Figura 50.	54
Figura 51.	61
Figura 52.	62
Figura 53.	62
Figura 54.	63
Figura 55.	63
Figura 56.	73
Figura 57.	73
Figura 58.	73
Figura 59.	74
Figura 60.	75
Figura 61.	75
Figura 62.	76
Figura 63.	77
Figura 64.	77
Figura 65.	79
Figura 66.	80
Figura 67.	81
Figura 68.	81
Figura 69.	81
Figura 70.	82
Figura 71.	82
Figura 72.	83
Figura 73.	83
Figura 74.	84
Figura 75.	84
Figura 76.	85
Figura 77.	86
Figura 78.	88
Figura 79.	89

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	46
Tabla 2.	47
Tabla 3.	48
Tabla 4.	49
Tabla 5.	50
Tabla 6.	51
Tabla 7.	55
Tabla 8.	56
Tabla 9.	57
Tabla 10.	58
Tabla 11.	59
Tabla 12.	60
Tabla 13.	65
Tabla 14.	66

I INTRODUCCIÓN

En este Trabajo de Titulación, se llevó a cabo el desarrollo de un controlador difuso para un proceso de temperatura en una Planta Didáctica de Control (EPC) usando el software LabVIEW.

Este proyecto surge con el propósito de mejorar la formación en el campo del control de procesos, proporcionando una herramienta avanzada y flexible para el manejo de sistemas no lineales y diversas condiciones de operación (Tumbaco et al., 2020).

A lo largo de este trabajo, se exploraron los detalles técnicos del diseño y la implementación del controlador difuso, se analizaron los resultados experimentales obtenidos y se discutieron las implicaciones prácticas de su uso.

La implementación práctica del controlador se realizó utilizando como tarjeta controladora el NI myRIO 1900, y el software LabVIEW una plataforma que integra la instrumentación virtual con el control automático, permitiendo una experiencia de aprendizaje interactiva y práctica (CORP, 2024).

Este proyecto no solo contribuirá a la mejora de los sistemas de control de temperatura, sino que también servirá como una valiosa herramienta educativa para estudiantes y profesionales. Permitirá a los interesados explorar y comprender mejor la lógica difusa.

En esta primera fase, se estudiará y se comprenderá el comportamiento térmico de la planta didáctica. Esto implicará identificar las respuestas del sistema y las variables a los cambios en las variables de entrada.

Se procederá a definir las variables de entrada y salida del sistema difuso, así como a establecer las reglas difusas que regirán el control de la temperatura. Estas reglas se basarán

tanto en el conocimiento experto como en la observación y análisis del comportamiento del sistema.

En la segunda fase, se procederá a programar el controlador difuso utilizando LabVIEW, integrando la NI myRIO 1900 con los sensores y actuadores necesarios para la operación del sistema de control.

Se definirán los elementos de la interfaz, como botones y gráficos, para interactuar con el controlador difuso y visualizar resultados. La implementación se realizará utilizando las herramientas de diseño gráfico de LabVIEW, configurando la interacción con el controlador y programando la lógica para gestionar las acciones del usuario.

Tercera fase, una vez implementado el controlador, se realizarán pruebas exhaustivas en la planta didáctica. Durante esta fase, se ajustarán las reglas y parámetros según sea necesario para optimizar el desempeño del sistema de control de temperatura.

Cuarta fase, implementará 3 prácticas didácticas en las cuales están enfocadas en el proceso de temperatura en la planta (EPC) mediante el controlador difuso

se llevará a cabo un análisis detallado del desempeño del controlador difuso, comparándolo con métodos tradicionales de control, como el PID. Se evaluarán aspectos como la precisión, la estabilidad y la respuesta del sistema a perturbaciones

II PROBLEMA

La iniciativa de desarrollar un controlador difuso para un proceso de temperatura en una Planta Didáctica de Control (EPC) surge con el propósito de fomentar mejoras en el campo del control de procesos.

Esta necesidad se hace evidente al analizar el trabajo de titulación titulado "Implementación De Dos Bancos Didácticos De Pruebas Para Procesos Industriales PID Con Tarjeta NI myRIO, ", donde se destaca el uso exclusivo de controladores PID en una planta didáctica de control.

Sin embargo, se omite la exploración y análisis de simulaciones con controladores difusos, tecnología que ofrecería un enfoque más flexible y adaptable para el manejo de sistemas no lineales y diversas condiciones de operación (Galeas & Rodas, 2020).

La limitación en el uso de controladores difusos en herramientas como LabVIEW y la NI myRIO, según el repertorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil, resalta una oportunidad perdida para la formación académica en ingeniería de control.

Esta limitación impide a los estudiantes adquirir una comprensión completa de las diferentes estrategias de control disponibles, limitando su capacidad para enfrentar los desafíos reales que encontrarán en su futura carrera profesional (Romero Duarte & Unamuno Farfán, 2020).

La ausencia de exploración y aplicación de controladores difusos en entornos académicos representaría un obstáculo para el desarrollo de habilidades prácticas que serían relevantes y aplicables en contextos industriales y de investigación (Azuaje et al, 2018).

Por lo tanto, será imperativo abordar esta brecha y promover una mayor integración de tecnologías de control avanzadas, como los controladores difusos, en el currículo académico,

con el fin de preparar a los estudiantes para los desafíos actuales y futuros en el campo del control de procesos.

El proyecto estaría principalmente enfocado en los estudiantes de ingeniería en Electrónica y Automatización. Servirá como una herramienta educativa avanzada que permite a los alumnos profundizar en el conocimiento de controladores difusos, esenciales para manejar sistemas no lineales y adaptarse a diversas condiciones operativas. Esto facilitará la comprensión y aplicación práctica de conceptos complejos de control de procesos. (Palomino et al., 2015)

También proporcionará información para que los estudiantes puedan comparar la eficiencia y adaptabilidad de los controladores difusos con los controladores PID tradicionales. Utilizando datos y resultados obtenidos de la implementación práctica en un entorno controlado, los estudiantes podrán evaluar objetivamente las ventajas y limitaciones de ambas tecnologías.

Se aborda la escasez de aplicaciones de controladores difusos en herramientas como LabVIEW y la NI myRIO, identificada en la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil. Al integrar estas tecnologías en el ámbito académico, se promoverá la innovación en el enfoque educativo.

El proyecto permitirá a los estudiantes desarrollar y aplicar habilidades prácticas en la programación y configuración de sistemas de control difusos. Esto incluirá la creación de funciones de pertenencia, la implementación de algoritmos de inferencia difusa utilizando el software LabVIEW, habilidades que serán altamente valoradas en el ámbito industrial.

Les proporcionará una experiencia práctica y comprensiva en la aplicación de teorías de control difuso, preparándolos mejor para enfrentar desafíos reales en la industria. También estará destinado a profesores e investigadores, quienes podrán utilizar el proyecto como una

base para desarrollar investigaciones adicionales, mejorar los planes de estudio y fomentar una mayor comprensión de las aplicaciones prácticas de los controladores difusos.

III OBJETIVOS

3.1. Objetivos generales

Desarrollar un controlador difuso para un proceso de temperatura en una planta didáctica de control (EPC) mediante LabVIEW

3.2. Objetivos específicos

- Establecer las funciones de pertenencia del control difuso para el proceso de temperatura.
- Diseñar un controlador difuso usando el software LabVIEW.
- Evaluar el comportamiento del controlador difuso en un proceso de temperatura.

IV FUNDAMENTO TEÓRICO

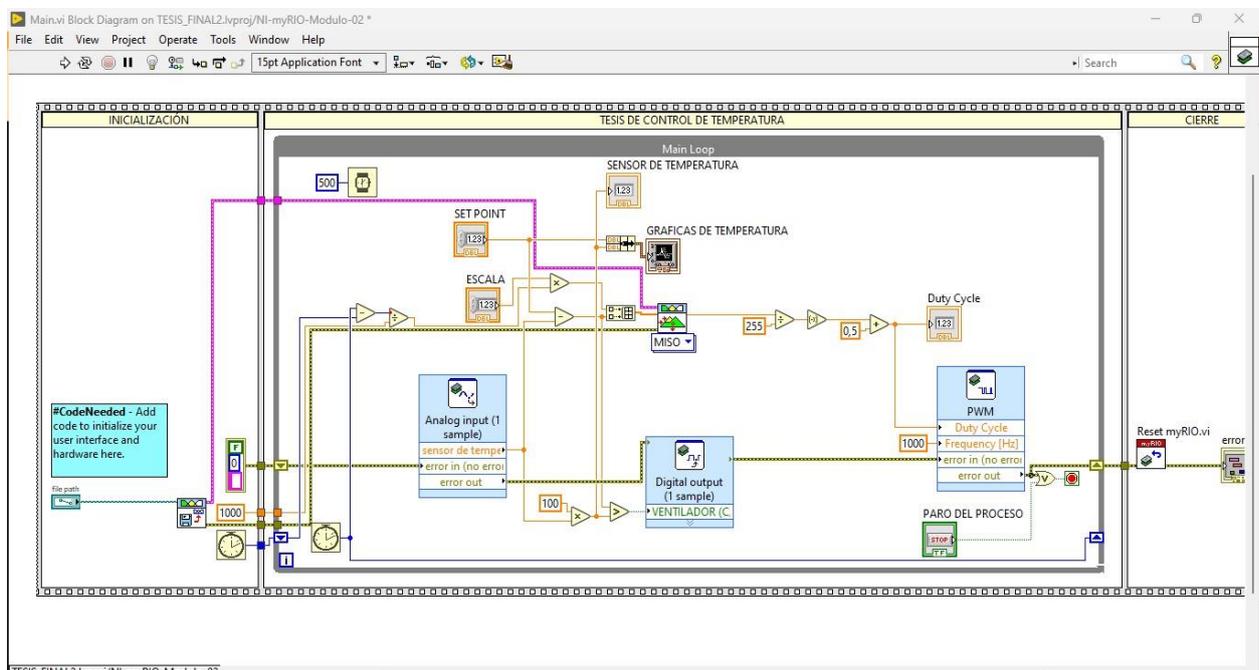
4.1 Controladores Difusos

La lógica difusa, es un instrumento poderoso para abordar la incertidumbre y la indecisión en sistemas confusos. Los controladores difusos emplean conjuntos difusos y reglas de inferencia para modelar y controlar sistemas cuya descripción precisa mediante modelos matemáticos resulta difícil.

Estos controladores son particularmente eficaces en entornos no lineales y en presencia de datos de entrada sujetos a incertidumbre (MathWorks., 2021).

Figura 1

Programación de control Difuso



Nota. Representación de Control difuso (ResearchGate, 2023)

4.1.1 Control de Temperatura en Procesos

El control preciso de la temperatura es esencial en una variedad de procesos industriales, incluyendo la manufactura, la industria química y la gestión de energía. Esto se

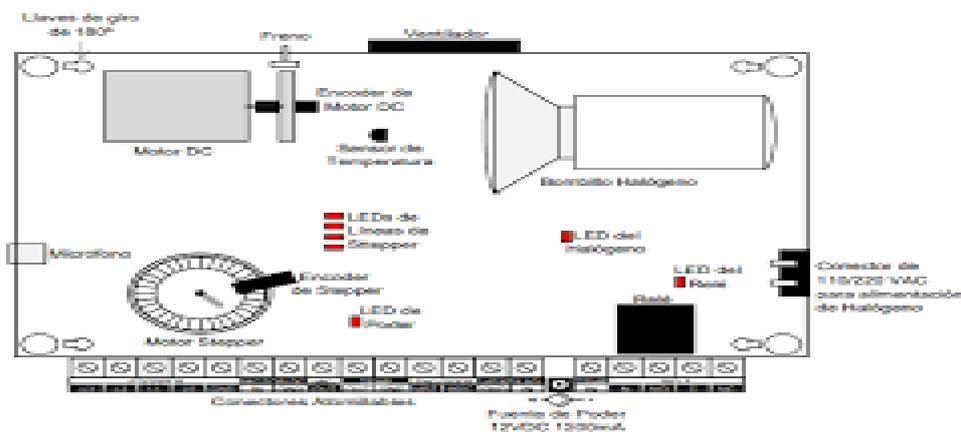
debe a que la temperatura tiene una huella directo en la eficacia del producto final y la eficiencia global del proceso.

Sin embargo, se enfrentó desafíos significativos al intentar controlarla de manera efectiva. Entre estos desafíos se encuentran las características no lineales inherentes al sistema y los retardos temporales, que complican la aplicación de métodos de control convencionales como el controlador proporcional-integral-derivativo.

Las características no lineales de los sistemas de control de temperatura pueden deberse a diversas causas, como variaciones en las propiedades físicas de los materiales con la temperatura, o la presencia de múltiples zonas de calentamiento que interactúan entre sí.

Estas no linealidades hacen que la relación entre la entrada (por ejemplo, la potencia suministrada por un calentador) y la salida (la temperatura alcanzada) no sea proporcional ni predecible mediante modelos lineales simples (PID) (Chemical Processing, 2020).

Figura 2.
Planta EPC



Nota. Estructura de Planta EPC (Control de Temperatura En Procesos Planta Epc , 2022)

4.1.2 Control PID

Un controlador PID (Proporcional, Integral, Derivativo) es esencial en el control automático, destinado a mantener una variable en un valor específico, conocido como setpoint. Este tipo de controlador se basa en tres elementos fundamentales que colaboran para ajustar con precisión la salida del sistema y asegurar su estabilidad. El componente proporcional (P) ajusta la salida en función del error actual, que es la diferencia entre el valor deseado y el valor medido. Aunque esta corrección inmediata busca reducir el error, un ajuste excesivo puede causar oscilaciones en el sistema (Huilocapi et al., 2017)

El componente integral (I) se ocupa del error acumulado con el tiempo, ajustando la salida para eliminar cualquier error persistente que no se haya corregido completamente con la acción proporcional. No obstante, un ajuste inadecuado del componente integral puede resultar en una respuesta lenta o en oscilaciones no deseadas. El componente derivativo (D) se enfoca en la velocidad a la que cambia el error, mejorando la estabilidad del sistema al prever y mitigar las futuras tendencias del error. Esto ayuda a reducir las oscilaciones al ajustar la salida del controlador según la rapidez del cambio del error (Mazzone, 2002)

Para que el controlador PID funcione de manera eficiente, es crucial realizar una correcta sintonización de los parámetros proporcionales, integrales y derivativos. Una adecuada sintonización garantiza que el sistema responda de manera efectiva a perturbaciones y variaciones, evitando problemas como respuestas lentas o excesivas oscilaciones. Esta sintonización puede llevarse a cabo manualmente, a través de algoritmos o técnicas automáticas, según la complejidad del sistema en cuestión (Mazzone, 2002).

4.1.3 Sistemas lineales de la Optimización Avanzada de Modelos Térmicos

El método de optimización evolutiva de múltiples objetivos (EMO) se utiliza para mejorar la precisión de los modelos térmicos de módulos termoeléctricos Peltier (TEM),

ajustando los parámetros de un modelo basado en primeros principios que describe la dinámica de temperatura en el TEM y el radiador asociado. Aplicando el algoritmo ev-MOGA, se minimizan las desviaciones entre las predicciones del modelo y los datos experimentales obtenidos de una celda Peltier. Este enfoque ha demostrado ser eficaz en la calibración de modelos térmicos, logrando una mayor concordancia entre las predicciones y las mediciones reales, lo que facilita un diseño y control más precisos de los sistemas basados en tecnología Peltier y complementa otros métodos de control y optimización, como los PID y difusos (Huilcapi et al., 2017).

4.2 LabVIEW

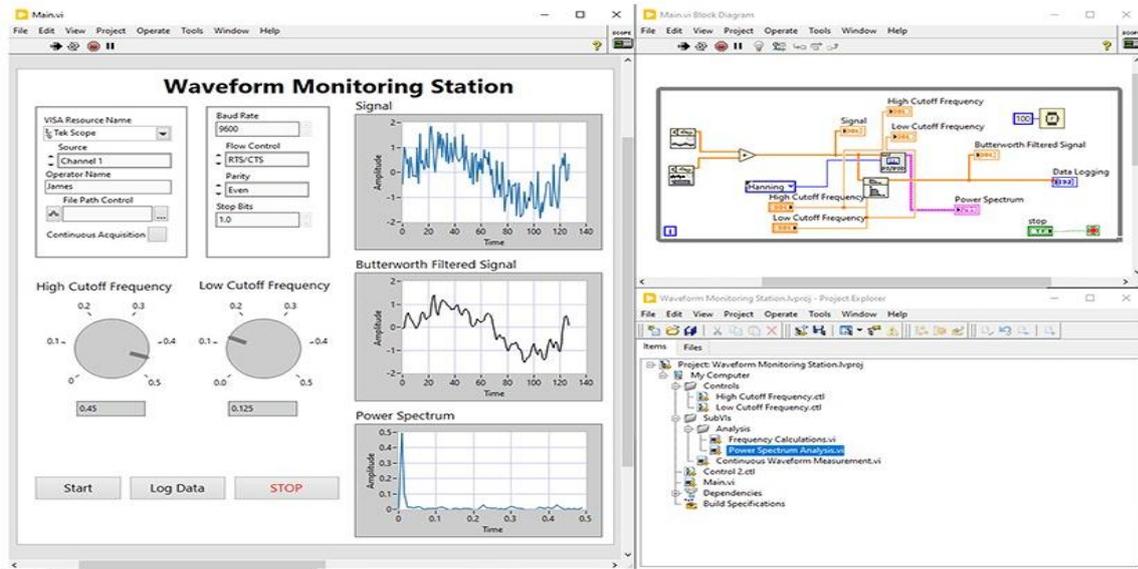
LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), plataforma de desarrollo creada por National Instruments que facilita la programación gráfica y el diseño de sistemas de control y adquisición de datos dando a conocer las gráficas de control. LabVIEW es ampliamente utilizado en la industria y la academia por su facilidad de uso

Una de las primordiales ventajas de LabVIEW es su porte para comunicarse con una variedad de dispositivos de hardware, desde tarjetas de adquisición de datos controladores de movimiento hasta instrumentos de laboratorio y sistemas embebidos.

Esta flexibilidad hace que LabVIEW sea una opción ideal para aplicaciones que requieren la integración de múltiples componentes de hardware y software como se muestra en la figura 1 en un sistema coherente y eficiente (NI LabVIEW, 2023).

Figura 3.

Programación de LabVIEW



Nota. Venta de WaveForm Monitoring (National Instruments., 2023)

4.3 Diseño del Control Difuso

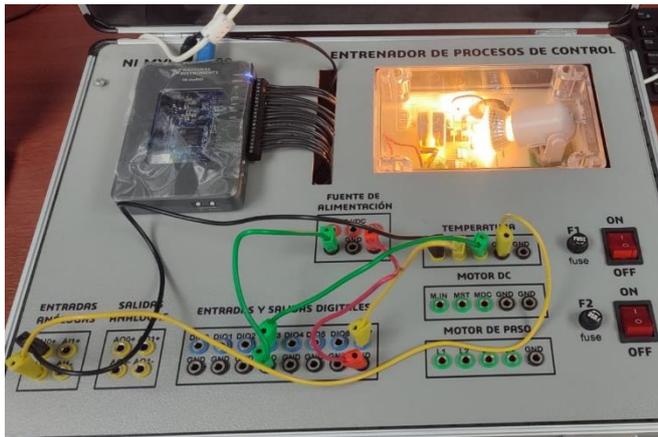
El diseño de un controlador difuso implica varios pasos clave, como definir las variables de entrada y salida, establecer las reglas difusas y elegir los métodos de inferencia y defuzzificación.

Cuando se diseña un controlador difuso en una planta didáctica utilizando LabVIEW, es crucial tener un entendimiento profundo tanto del controlador en sí como de la plataforma de desarrollo.

La validación del rendimiento del controlador se lleva a cabo a través de pruebas experimentales y análisis de resultados, lo que permite realizar ajustes necesarios para mejorar su eficacia (Quimbita, 2021).

Figura 4.

Maletín de proceso



Nota. Maletín Didáctico de Tesis de entrenador de Procesos De Control

4.4 Sensor LM35

El sensor LM35 es un componente especializado en la medición precisa de la temperatura. Genera una salida de voltaje que cambia en proporción directa con la temperatura medida en grados Celsius.

En la figura 5 se puede valorar la relación entre la salida del sensor y el voltaje correspondiente. Una de las ventajas destacadas de este sensor es su alta precisión y su respuesta lineal, lo que significa que su rendimiento no se ve significativamente afectado por las fluctuaciones en la temperatura ambiente.

También se caracteriza por su inferior consumo de energía y su capacidad para operar un amplio rango de temperaturas. Esto lo hace ideal para diversas aplicaciones en el campo de electrónica, la climatización y la automatización industrial.

Su salida de voltaje es fácilmente interpretable por microcontroladores y sistemas de adquisición de datos, permitiendo una integración sencilla en proyectos de monitoreo y control de temperatura. (Texas Instruments., 2019).

Figura 5.

Sensor LM-35



Nota. Transistor de Sensor LM-35 (Texas Instruments., 2019)

4.5 NI myRIO 1900

La NI myRIO 1900 es una plataforma de hardware desarrollada por National Instruments, pensada para la enseñanza en ingeniería y proyectos de prototipos. Integra un procesador, una FPGA, y múltiples interfaces de entrada y salida, lo que permite la interacción con diversos sensores y actuadores, facilitando el desarrollo de proyectos complejos, como se muestra en físico de la NI myRIO 1900 en la figura 6 (National Instruments., 2023).

Figura 6.

myRIO 1900



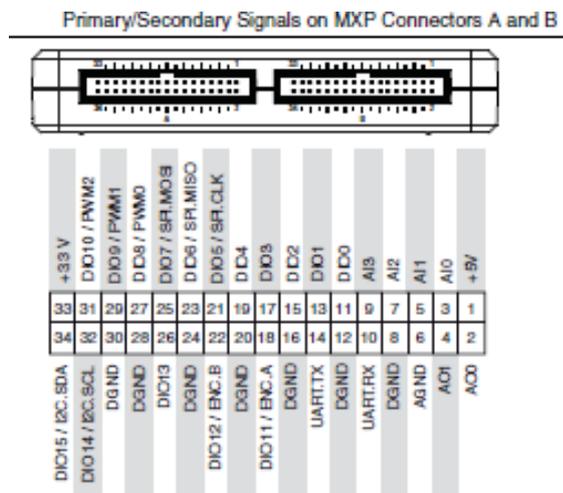
Nota. Estructura Física de la myRIO 1900 (National Instruments., 2023)

4.5.1 PINES DE CONEXIÓN

Los puertos A y B del puerto de expansión (MXP) NI myRIO-1900 transportan el mismo conjunto de señales. En el software, las señales se distinguen en el software por el nombre del conector. Ejemplo: Connector A/DIO1 y Connector B/DIO1.

Figura 7.

pins de Conexión

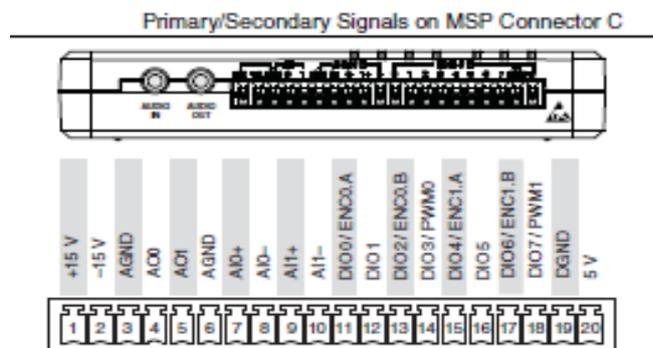


Nota. Estructura de la myRIO (Vasco, 2019)

A continuación, la figura y tabla muestran las señales en el puerto C del minipuerto del sistema (MSP).

Figura 8.

Mini MSP



Nota. Estructura de la myRIO del Lado C MPS (roodshop, 2020)

4.6 Entrenador de planta didáctica de control

El Entrenador de Planta de Control (EPC) es una placa electrónica que integra varios sensores y actuadores comunes en sistemas de control e instrumentación, como los de temperatura, velocidad, posición y señales analógicas y digitales. Se conecta a una computadora a través de una tarjeta de adquisición de datos, lo que facilita la enseñanza de conceptos de control e instrumentación. Su objetivo es agilizar el proceso de diseño electrónico, asegurar la compatibilidad de los sensores con los experimentos y lograr resultados precisos en sistemas físicos reales, en lugar de depender exclusivamente de simuladores por computadora (Manchado & Romero , 2018).

Figura 9.

Planta Física del EPC



Nota. Planta Física del EPC Ubicada en la Universidad Salesiana

La Planta Didáctica de Control (EPC) es un sistema diseñado para proporcionar un entorno controlado y simulado donde se pueden estudiar y aplicar principios de control automático en un contexto educativo o de desarrollo experimental.

Este tipo de planta es fundamental para la ilustración y el aprendizaje, técnicas de control en ingeniería, permitiendo a los estudiantes y profesionales explorar y comprender

conceptos clave como la respuesta dinámica de sistemas, la estabilidad, y la precisión en la regulación de variables de proceso.

Para aplicaciones específicas como el control difuso de temperatura, la Planta EPC ofrece diversas funciones que son críticas:

Simulación y Experimentación Controlada: Permite simular condiciones variables de operación que imitan situaciones reales en procesos industriales. Esto es fundamental para desarrollar y probar algoritmos de control difuso, ajustar parámetros y evaluar la respuesta del sistema ante diferentes escenarios.

Interfaz con Dispositivos de Medición y Actuación: Facilita la conexión con sensores de temperatura y actuadores, proporcionando la capacidad de adquirir datos en tiempo real y enviar comandos para regular la temperatura según los parámetros definidos por el controlador difuso (Manchado & Romero , 2018).

Aprendizaje Práctico y Experimental: Promueve un aprendizaje interactivo donde los usuarios pueden aplicar teorías de control en un entorno práctico. Esto incluye la observación directa de cómo las variables de proceso responden a las acciones del controlador, permitiendo una comprensión más profunda de los principios teóricos.

Flexibilidad y Adaptabilidad: La capacidad de configurar y ajustar diferentes configuraciones de planta y condiciones operativas permite a los estudiantes y desarrolladores experimentar con diferentes configuraciones de control difuso, explorando su efectividad y eficiencia en condiciones diversas y cambiantes.

En resumen, la Planta EPC no solo sirve como un recurso educativo esencial para la formación en ingeniería de control, sino que también proporciona el entorno adecuado para la implementación y optimización de sistemas de control difuso de temperatura, preparando a

los profesionales para enfrentar desafíos prácticos en el campo del control de procesos industriales (Universidad Autónoma del Perú , 2020)

Figura 10.

Conexión de Planta EPC



Nota. Ejemplo de conexión de la planta EPC a una DAQ (Academico, 2019)

V METODOLOGÍA

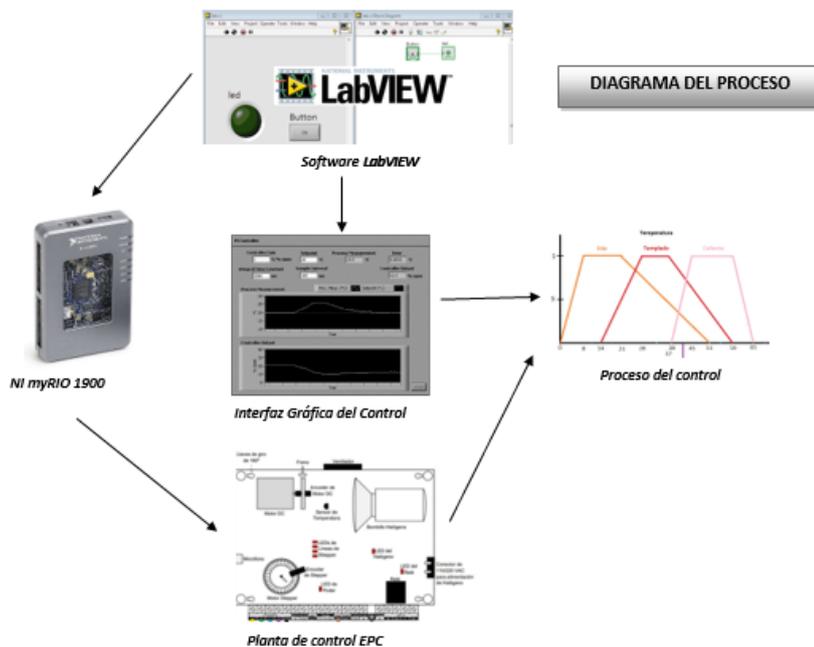
5.1 Descripción del proyecto

En la siguiente figura se representa cuatro procesos esenciales necesarios para realizar la programación del controlador difuso y la comunicación del sistema. El primero es el desarrollo de la instalación y la conexión del sensor de temperatura para tener la comunicación, también se representa el NI myRIO 1900 donde.

Se desarrolla el hardware que es la primera comunicación para el controlador. El tercer proceso, la integración del software y el hardware y trabajan juntos de manera eficiente. Finalmente, se ve el resultado de las ondas de estabilidad del controlador y el correcto funcionamiento del sistema, en la siguiente figura 11 se muestra esquemático del proyecto a realizar.

Figura 11

Diagrama estimado proceso



Nota. Esquemático a desarrollar en el Proyecto

5.2 Establecer las funciones de pertenencia del control difuso para el proceso de temperatura.

5.2.1 Definición de Variables y Funciones de Membresía

Se definió las variables del sistema: Error (E) y Error Derivativo (dE), cada una con un rango de -50 a 50. Luego, configuraron las funciones de membresía para estas variables.

Para el Error:

Bajo (Mínimo): Trapezoidal, puntos [-50, -50, -20, 0].

Normal: Triangular, puntos [0, 10, 10].

Alto (Máximo): Trapezoidal, puntos [10, 30, 50, 50].

Para el Error Derivativo:

Bajo (Mínimo): Trapezoidal, puntos [-50, -50, -30, -10].

Normal: Trapezoidal, puntos [-20, -10, 0, 10].

Alto (Máximo): Trapezoidal, puntos [20, 30, 50, 50].

Para la Salida:

Alto: Trapezoidal, puntos [0, 0, 0.2125, 0.6].

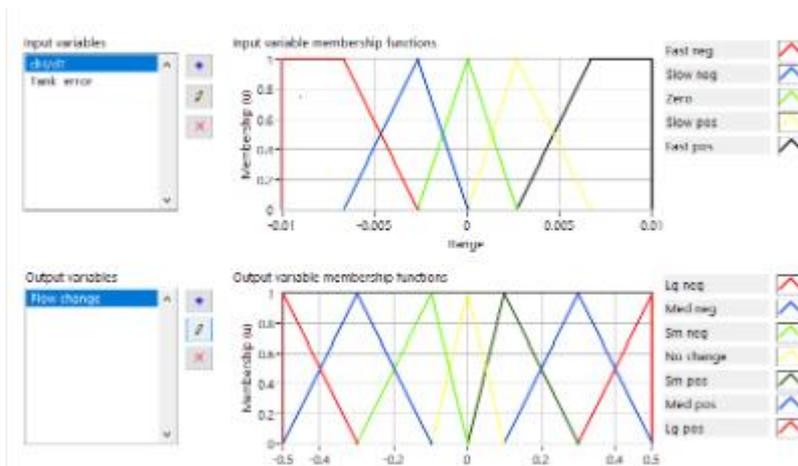
Bajo: Trapezoidal, puntos [0.4, 0.8, 1, 1].

5.2.2 Creación de las Funciones de Membresía en LabVIEW

Se utilizó el Toolkit de lógica difusa en LabVIEW para crear las funciones de membresía mencionadas anteriormente para el Error, el Error Derivativo y la Salida. Esto se logró utilizando los nodos de "Fuzzy Set" y definiendo los puntos correspondientes a cada función de membresía, figura 12.

Figura 12.

Fuzzy Set



Nota. Ejemplo de Grafica del Fuzzy Set

5.2.3 Integración con NI myRIO 1900

La integración con NI myRIO 1900 se realizó para adquirir datos de temperatura y aplicar el control difuso en tiempo real.

Adquisición de Datos de Temperatura.

Utilizaron los módulos de adquisición de datos del myRIO para leer la temperatura actual.

Calcularon el error como la diferencia entre la temperatura actual y el punto de ajuste.

El error derivativo se calculó como la tasa de cambio del error.

Aplicación del Control Difuso.

Las salidas del sistema difuso (calculadas según las reglas implementadas) se usaron para controlar el ventilador.

La señal de salida ajusta la velocidad del ventilador para mantener la temperatura deseada.

5.2.4 Visualización en Tiempo Real

En el panel frontal de LabVIEW, el equipo creó gráficos en tiempo real para visualizar las variables del sistema

Gráficos de Temperatura Actual y Punto de Ajuste.

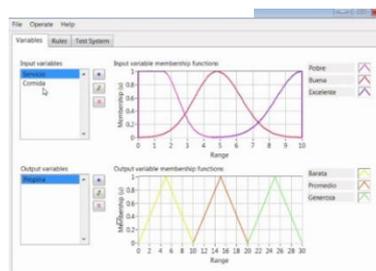
Estos gráficos muestran cómo la temperatura actual se ajusta al punto de ajuste en tiempo real.

Gráficos de Error y Salida.

Monitorearon el error y la salida del sistema difuso para entender cómo el sistema respondía a los cambios en la temperatura, figura 13.

Figura 13.

Error y Salida



Nota. Grafica del error y salida del control Difuso

5.3 Diseñar un controlador difuso usando el software LabVIEW.

5.3.1 Librerías usadas para la comunicación de LabVIEW

Para este proyecto se instaló la librería Toolkit myRIO National Instruments en donde la solución integral que potencia las capacidades del dispositivo NI myRIO, ofreciendo a los usuarios herramientas avanzadas para el desarrollo de aplicaciones en ingeniería y prototipado.

Desde la programación y control de hardware, hasta el análisis de datos y la implementación de algoritmos de control, esta biblioteca proporciona las bases necesarias para la innovación y el éxito en proyectos técnicos y educativos avanzados en la figura 14 muestra la librería de National Instruments.

Figura 14.

Librería de National instruments



Nota. Esta librería sirve para vincular la LabVIEW con myRIO

5.3.2 Runtime Engine

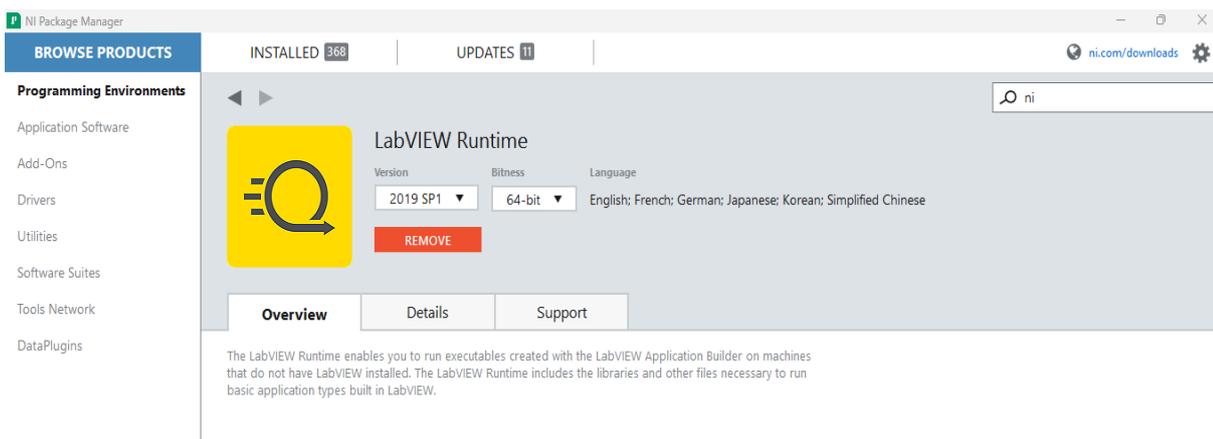
Se instaló LabVIEW Runtime Engine para ejecutar aplicaciones desarrolladas en LabVIEW sin necesidad de instalar el entorno completo de desarrollo. Este motor proporciona el entorno y las bibliotecas necesarias para que las aplicaciones funcionen correctamente en cualquier máquina.

Es crucial que la versión del Runtime Engine coincida con la versión de LabVIEW usada para desarrollar la aplicación.

National Instruments ofrece instaladores independientes para distintas versiones y plataformas, lo que facilita su despliegue. Además, el Runtime Engine permite la instalación silenciosa, ideal para despliegues automatizados, asegurando así que los usuarios finales puedan ejecutar las aplicaciones sin problemas de compatibilidad, en la figura 15 se muestra la librería de LabVIEW Runtime.

Figura 15.

Librería de National instruments.



Nota. Sirve para Ejecuta aplicaciones desarrolladas

5.3.3 LabVIEW myRIO Software Bundle

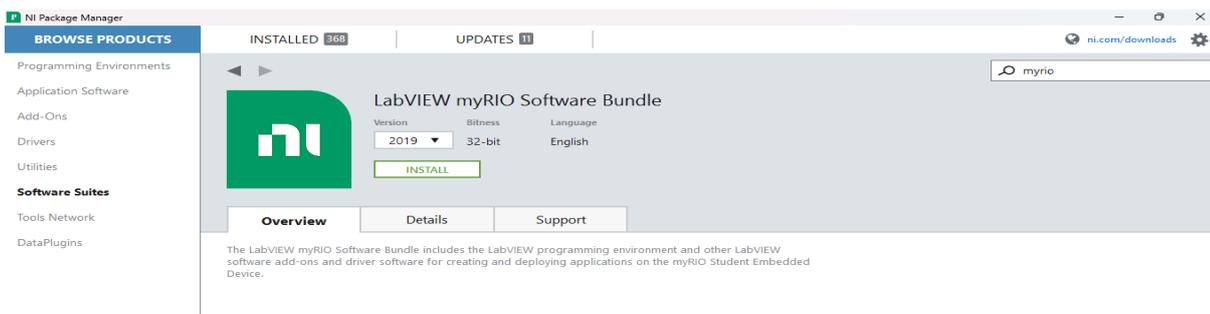
Para este proyecto, se utilizó el paquete de software NI myRIO, que incluyó todas las herramientas y controladores necesarios para desarrollar y desplegar aplicaciones en el dispositivo NI myRIO-1900.

Este paquete contenía el entorno de desarrollo LabVIEW y los módulos específicos para myRIO, como LabVIEW Real-Time y LabVIEW FPGA. También incorporaba controladores y herramientas adicionales que facilitaron la comunicación y el control del hardware.

La instalación de este paquete aseguró que todas las bibliotecas y controladores necesarios estuvieran disponibles, para crear aplicaciones robustas y eficientes para sistemas de control y adquisición de datos en tiempo real, en la figura 16 se muestra la librería de la LabVIEW myRIO.

Figura 16.

Librería de National instruments.



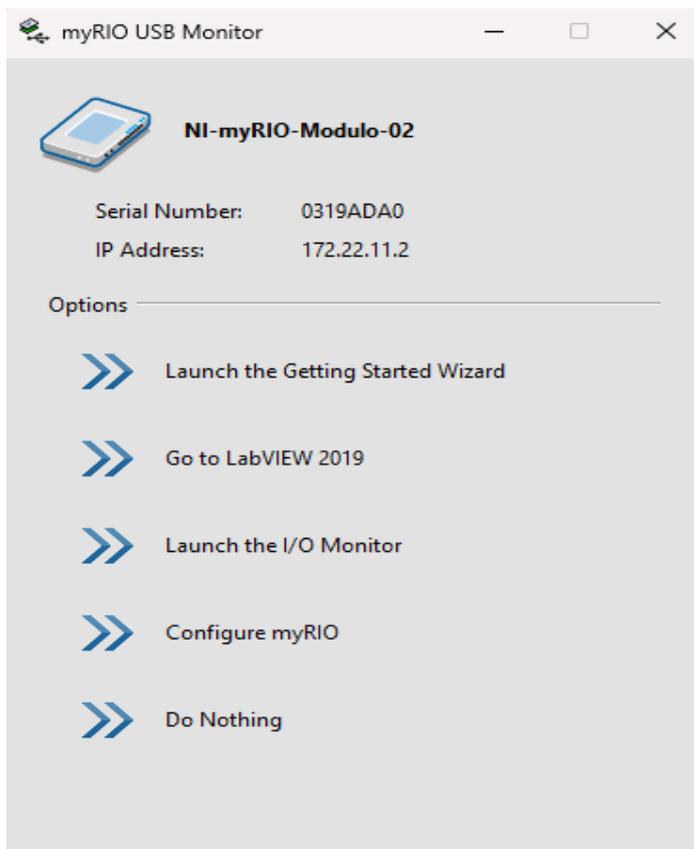
Nota. Esta librería funciona en el entorno de desarrollo LabVIEW, junto con los módulos específicos para myRIO, como LabVIEW Real-Time y LabVIEW FPGA, incluía también controladores y herramientas adicionales que facilitaron la comunicación y el manejo del hardware.

5.3.4 Configuración del software con la tarjeta Ni myRIO

Verificar que la MyRio esté correctamente configurada y conectada a través de los puertos adecuados para la comunicación con la planta EPC. Esto podría implicar el uso de interfaces como USB, Ethernet u otros protocolos de comunicación según la compatibilidad de la MyRio y la EPC, en la figura 17 se visualiza la ventana de la myRIO.

Figura 17.

Ventana de la myRIO



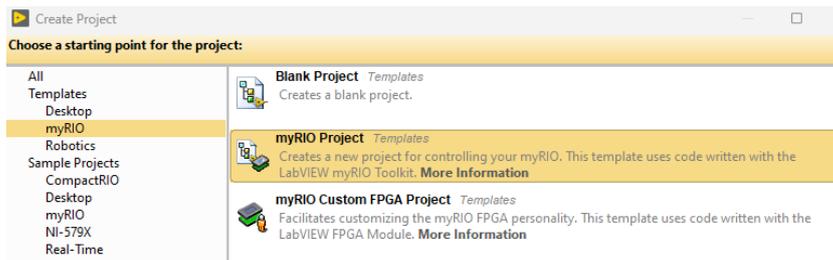
Nota. Configuración para para ingresar a labview2019

5.3.5 Comunicación con el software

Desarrollar o configurar el software en la MyRio para que pueda realizar el control difuso. Esto puede hacerse mediante el uso de software de programación como LabVIEW, que es comúnmente utilizado con la MyRio y tiene herramientas específicas para el control y la adquisición de datos, en la figura 18 se observa la opción de la corrección de myRIO.

Figura 18.

Plantilla de myRIO



Nota. Creación de proyecto myRIO

5.3.5 Diseño del Controlador Difuso

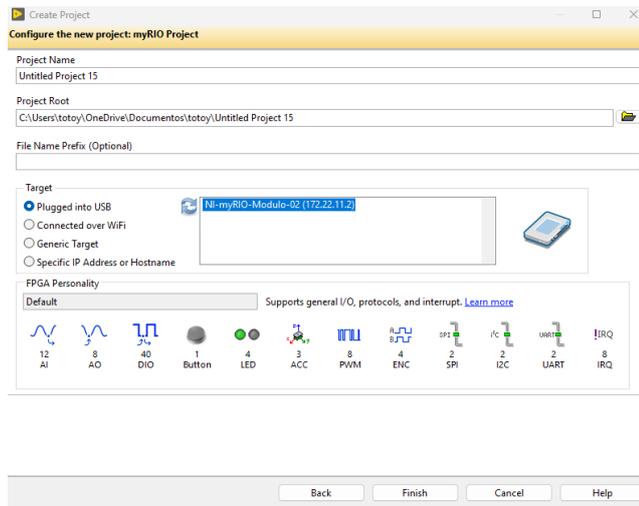
Implementar el algoritmo de control difuso en el software de la MyRio. Esto implica definir las reglas difusas, los conjuntos difusos, las funciones de membresía y otros parámetros relevantes según el modelo de la planta EPC y los requisitos del sistema de control.

5.3.6 Inicialización el Proyecto:

- Abre LabVIEW y selecciona la opción para crear un nuevo proyecto.
 - Vincula el proyecto con la tarjeta NI myRIO 1900, asegurándote de que la comunicación entre el software y el hardware esté establecida correctamente.
 - Asigna un nombre al proyecto y selecciona la ubicación en la que deseas guardarlo.
- Por defecto, se generará una simulación dentro del proyecto, que utilizarás como base para tu programación, en la figura 19 se selección de la entrada USB en la que se va a vincular.

Figura 19.

Creación del Proyecto



Nota. Configuración de nuevo Proyecto myRIO

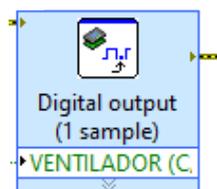
5.3.7 Configurar el Análisis de Entrada:

Inserta un bloque de entrada (Input) en tu diagrama de bloques para conectar el sensor de temperatura.

Agrega un bloque de salida digital (Digital Output) para controlar el ventilador. Este componente será responsable de encender y apagar el ventilador según las condiciones establecidas, en la figura se muestra en el bloque de la salida digital y en la figura 19 la entrada analógica y en la figura 20 se muestra la configuración de la entrada digital y en la figura 21 salida digital.

Figura 20.

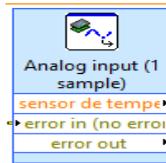
Salida Digital



Nota. Bloque de Entrada Analógica

Figura 21.

Entrada Analógica

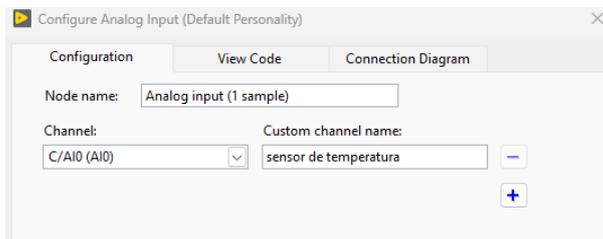


Nota. Bloque de Salida Digital

En la figura 22 se observa la configuración de la entrada analógica

Figura 22.

Configuración de entrada Digital

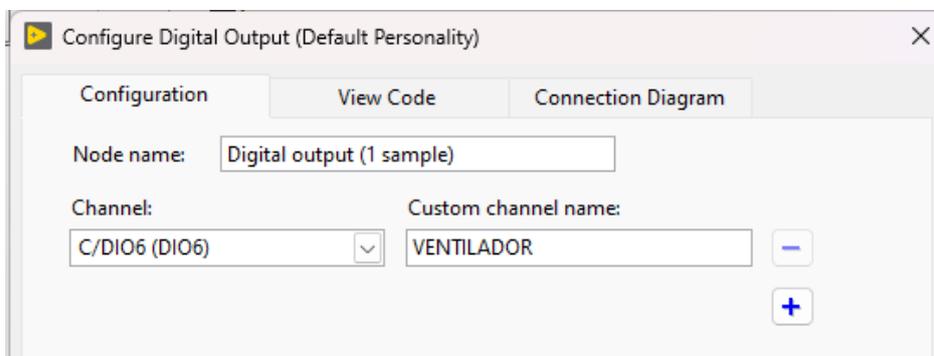


Nota. Selección del canal del MSP C de la myRIO

En la figura 23 se observa la configuración de la salida analógica

Figura 23.

Configuración Salida Digital



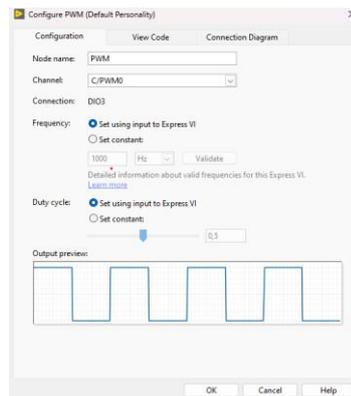
Nota. Selección del canal del MSP C de la myRIO

5.3.8 Implementar la Modulación de Ancho de Pulso (PWM):

Añade un bloque de Modulación de Ancho de Pulso (PWM) para gestionar el ciclo de trabajo del ventilador. Define las frecuencias necesarias para el control y ajusta el ciclo de trabajo según las especificaciones del sistema, en la figura 24 se muestra la configuración del PWM y la figura 25 el bloque PWM.

Figura 24.

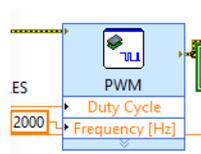
Configuración del PWM



Nota. Selección del canal

Figura 25.

Bloque del PWM



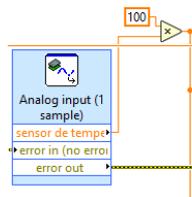
Nota. Diagrama del bloque PWM

5.3.9 Calcular y Ajustar la Temperatura:

Multiplica la lectura del sensor de temperatura por 100 para obtener valores en grados Celsius con mayor precisión. Calcula el error restando el valor del sensor multiplicado por 100 del punto de ajuste (Set Point) que has definido. Determina el error actual restando el error anterior del error calculado para ajustar el control de forma dinámica, en la figura 26 se visualiza la entrada analógica y le figura 27 la programación de los bloques.

Figura 26.

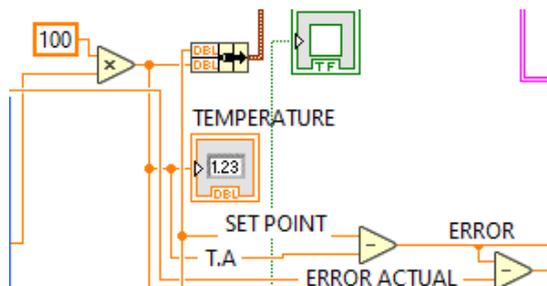
Entrada Analógica



Nota. Diagrama del bloque de Entrada Analógica

Figura 27.

Programación de Bloques y Variables



Nota. Bloques y Variables

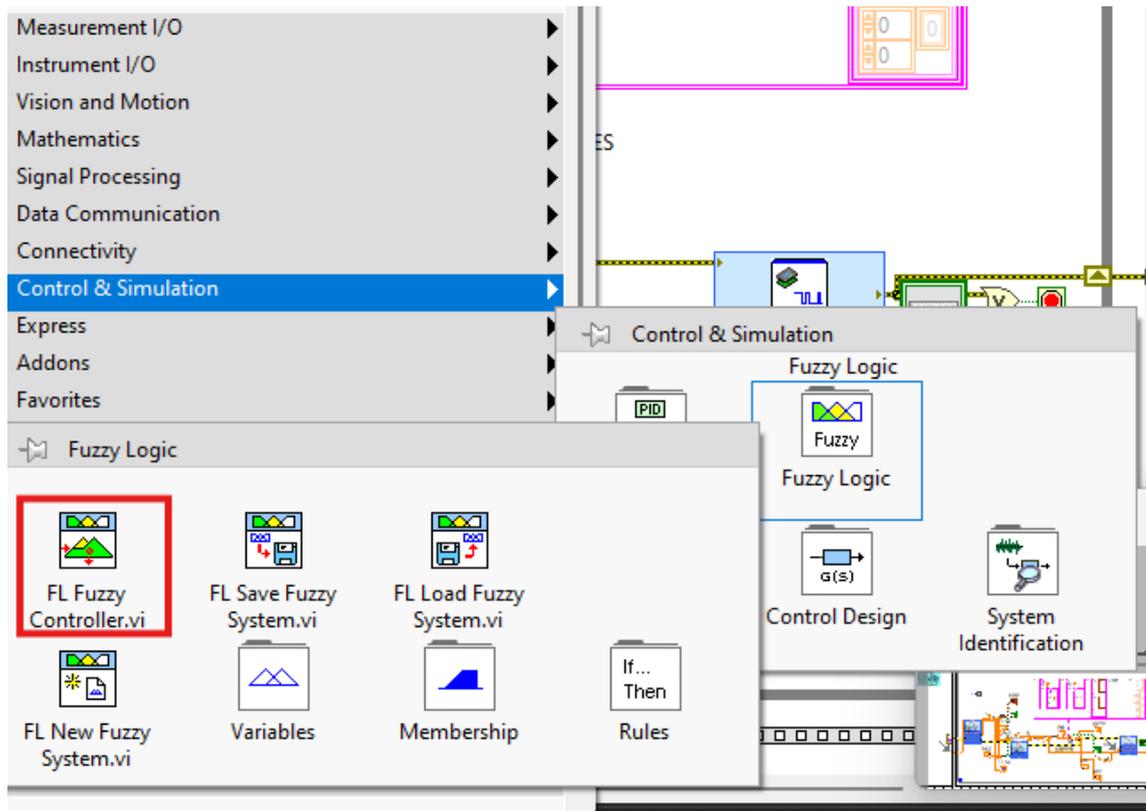
5.3.10 Configurar el Controlador Difuso:

Inserta un bloque de lógica difusa (Fuzzy Logic) desde la paleta de Control y Simulación (Control and Simulation).

En el apartado de Fuzzy Logic, selecciona el bloque Fuzzy Control y Fuzzy Logic Controller. Estos bloques te permitirán configurar y guardar los parámetros del controlador difuso, la figura 28 muestra la opción del control y simulación.

Figura 28.

Control y Simulación



Nota. Bloque Fuzzy Logic

5.3.11 Definir Variables y Reglas Difusas:

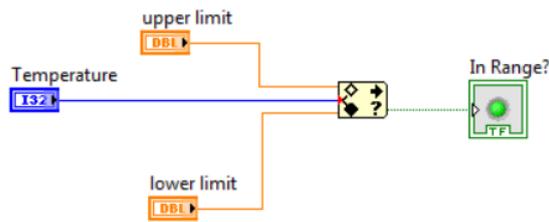
- Crea un control múltiple (Multiple Single) para almacenar las variables del sistema, incluyendo el error, el error derivativo y la salida.

Añade gráficos para visualizar la temperatura actual y el punto de ajuste.

Configura el ventilador para que se active cuando la temperatura supere el punto de ajuste, asegurando así un control preciso y una temperatura constante, figura 29.

Figura 29.

Multiple Single



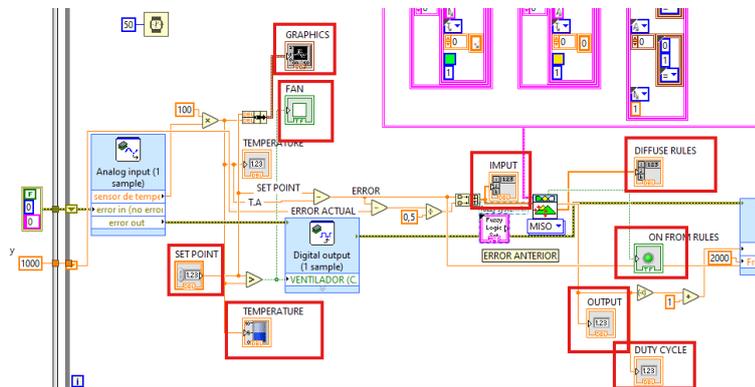
Nota. Control múltiple (Multiple Single) para almacenar las variables del sistema, incluyendo el error, el error derivativo y la salida.

5.3.12 Agregar Indicadores y Configurar Visualización:

Inserta indicadores en el panel frontal para mostrar el ciclo de trabajo, la salida del controlador y las reglas difusas. Incluye un indicador que refleje el estado del ventilador (encendido o apagado). Agrega un botón de parada (Stop) en el terminal para detener la ejecución del programa cuando sea necesario, figura 30 muestra las variables y bloques del control de temperatura.

Figura 30.

Bloques y Variables



Nota. Bloques y Variables del control de Temperatura

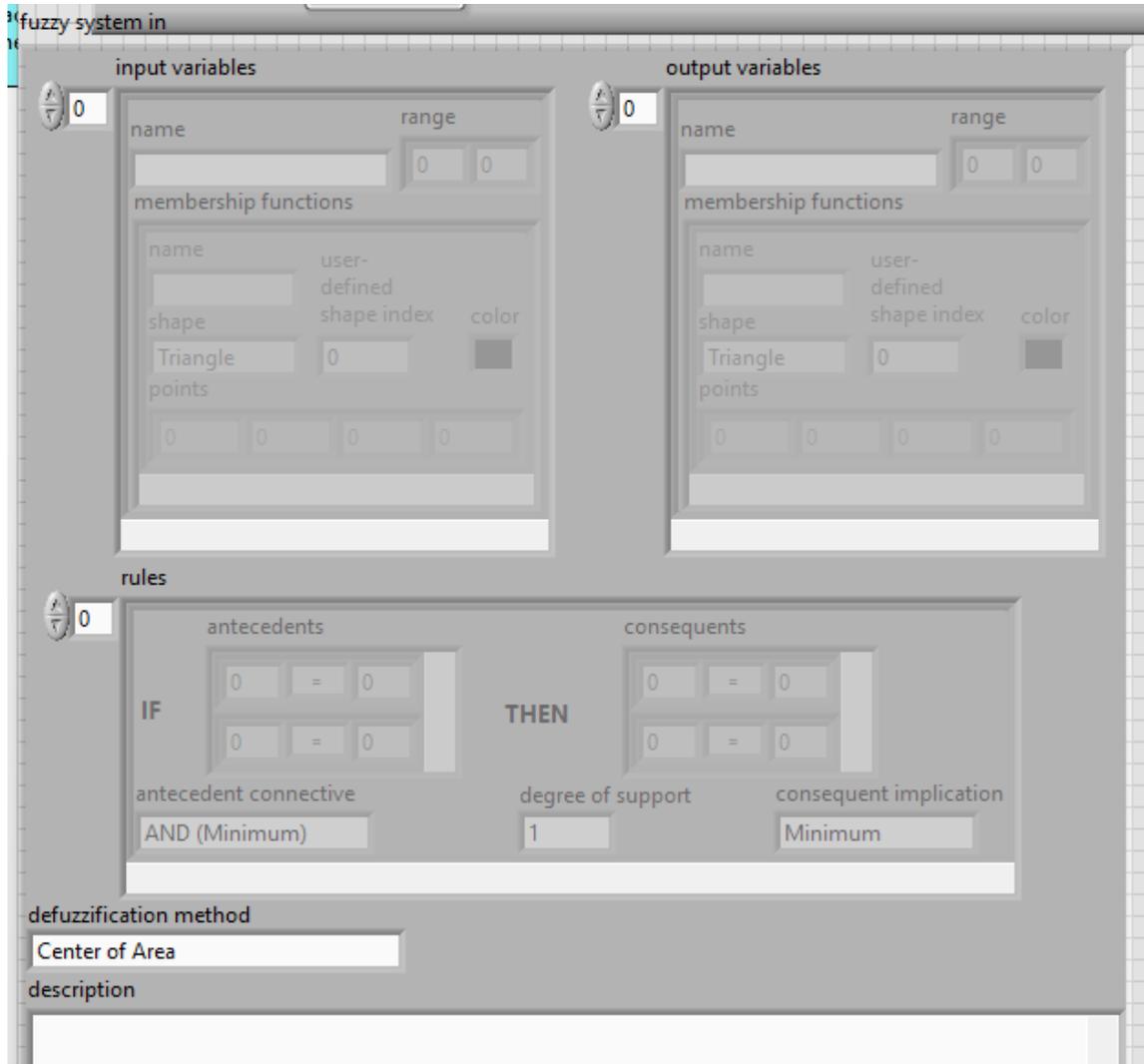
5.3.13 Definir Reglas Difusas:

Haz clic derecho en el sistema difuso (Fuzzy System), selecciona Create Control, e ingresa las variables necesarias: error, error derivativo y salida.

Establece las reglas difusas en el bloque de reglas, definiendo los rangos apropiados para cada variable, figura 31 están la salida y entradas de variables.

Figura 31.

Salida y Entradas de Variables



Nota. Diagrama de entradas y Salidas de Variables

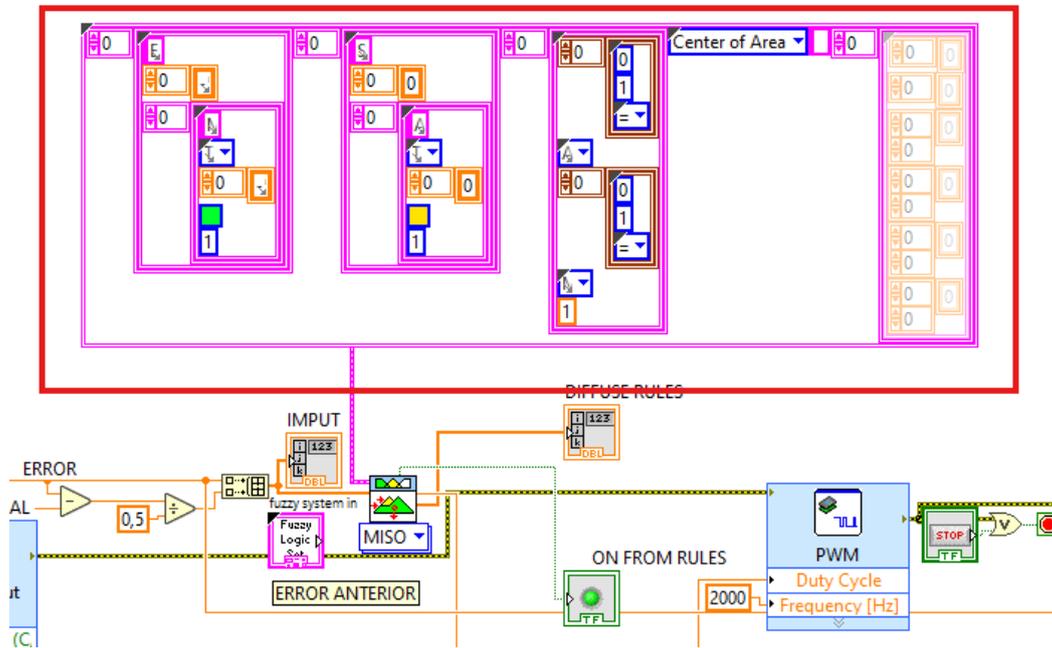
5.3.14 Guardar Configuraciones y Datos:

Una vez que todas las configuraciones estén completas, haz clic derecho en Créate Constante para guardar las constantes definidas.

Configura el ciclo de trabajo total del programa a 50 ms, ajustando el intervalo según los requisitos de tu aplicación, figura 32 se observa la configuración de datos.

Figura 32.

Configuración de Datos



Nota. Configuración para guardar Datos

5.3.15 Evaluar el comportamiento del controlador difuso en un proceso de temperatura.

El objetivo de esta etapa del proyecto es examinar y valorar el desempeño del controlador difuso en la regulación de la temperatura en un proceso específico. Para realizar esta evaluación, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

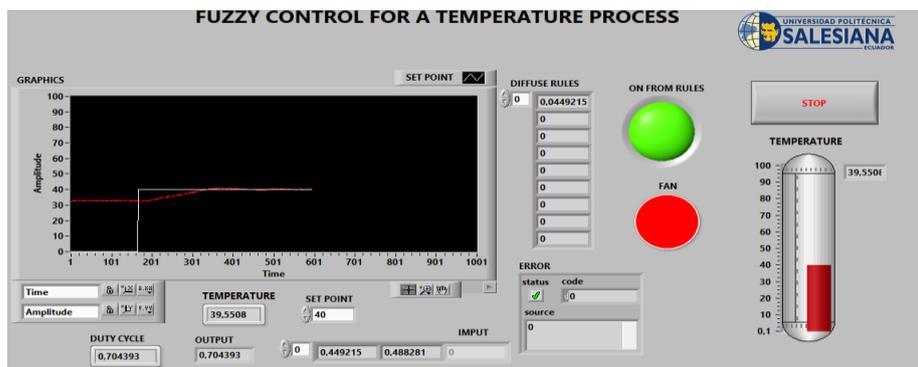
El controlador difuso fue conceptualizado y programado basándose en un conjunto de reglas difusas y funciones de pertenencia previamente establecidas. Este controlador se integró al sistema de control de temperatura utilizando [LabVIEW/MyRIO-1900]. El código

desarrollado ajusta de manera dinámica la salida del controlador en respuesta a las variaciones en la temperatura detectada, comparándola de manera continua con los valores objetivo (set point) establecidos.

Para evaluar el desempeño del controlador, se eligieron varios puntos de set point como se muestra en las figuras a continuación dentro del rango operativo del sistema de temperatura. Estos puntos fueron seleccionados para cubrir diferentes niveles de demanda de temperatura, permitiendo una evaluación integral del comportamiento del controlador en diversas condiciones de operación, figura 33 está la estabilidad del setpoint de 40.

Figura 33.

Estabilidad del set point de 40°C

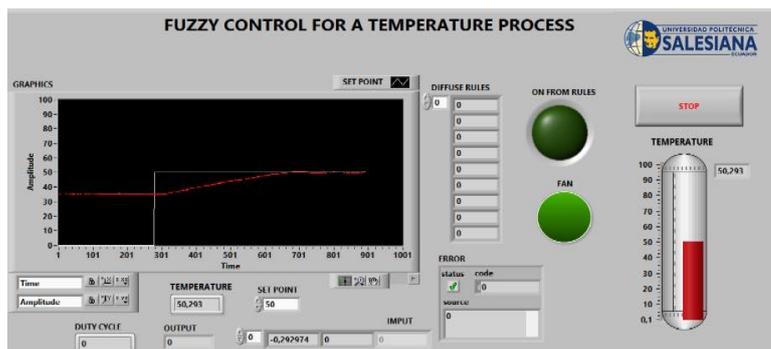


Nota. Estabilización del set point de en 40°C

En la siguiente figura 34 se observa que sale de 35°C y llega a estabilizarse en el setpoint en 50°C

Figura 34.

Estabilidad del set point de en 50°C

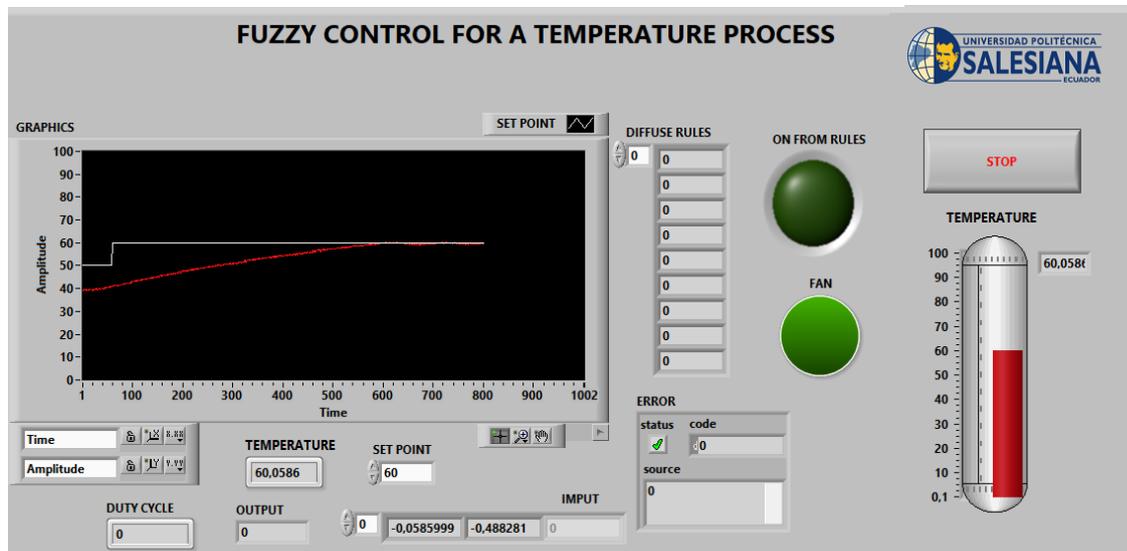


Nota. Estabilización del set point de en 50°C

En la siguiente figura 35 se observa que sale de 40°C y llega a estabilizarse en el setpoint en 60°C.

Figura 35.

Estabilidad del set point de en 60°C

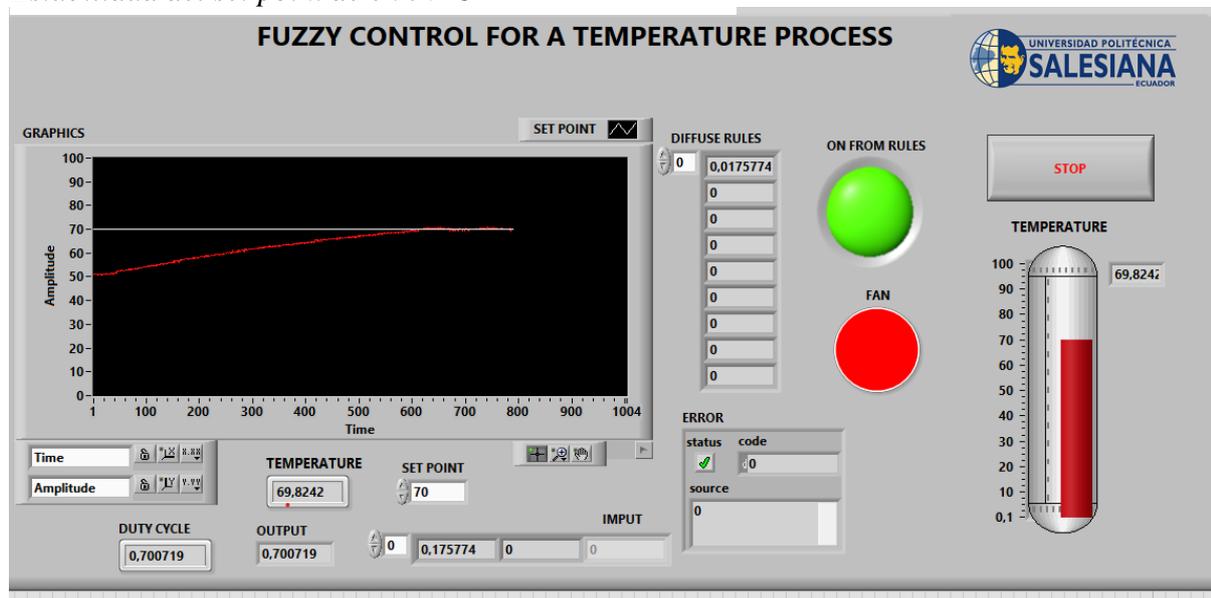


Nota. Estabilización del set point de en 60°C

En la siguiente figura 36 se observa que sale de 50°C y llega a estabilizarse en el setpoint en 70°C.

Figura 36.

Estabilidad del set point de en 70°C

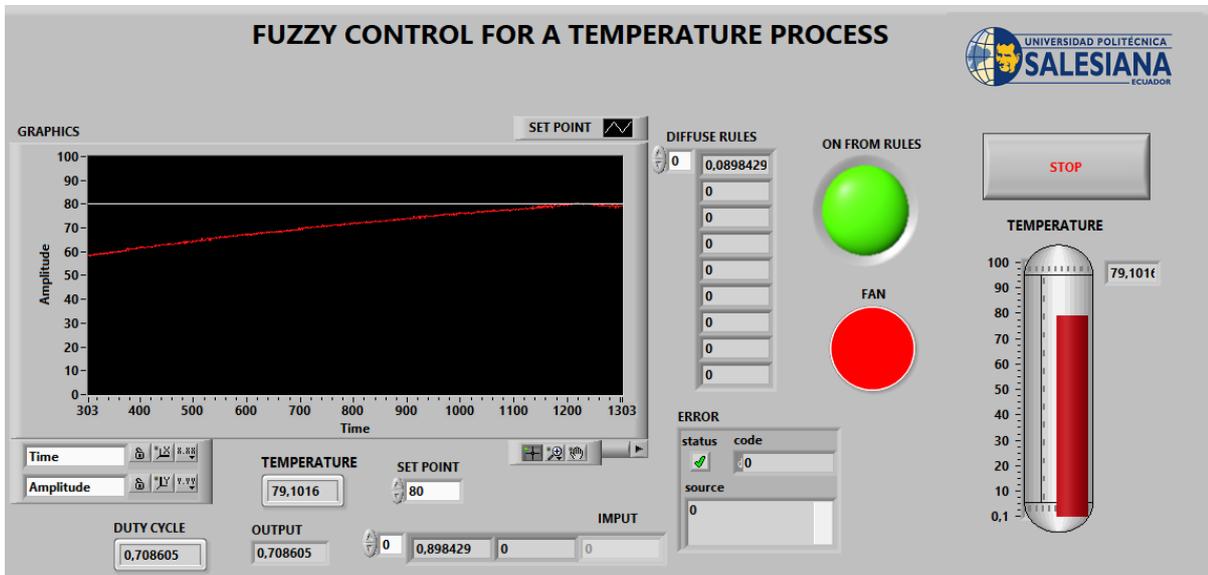


Nota. Estabilización del set point de en 70°C

En la siguiente figura 37 se observa que sale de 50°C y llega a estabilizarse en el setpoint en 70°C.

Figura 37.

Estabilidad del set point de en 80°C

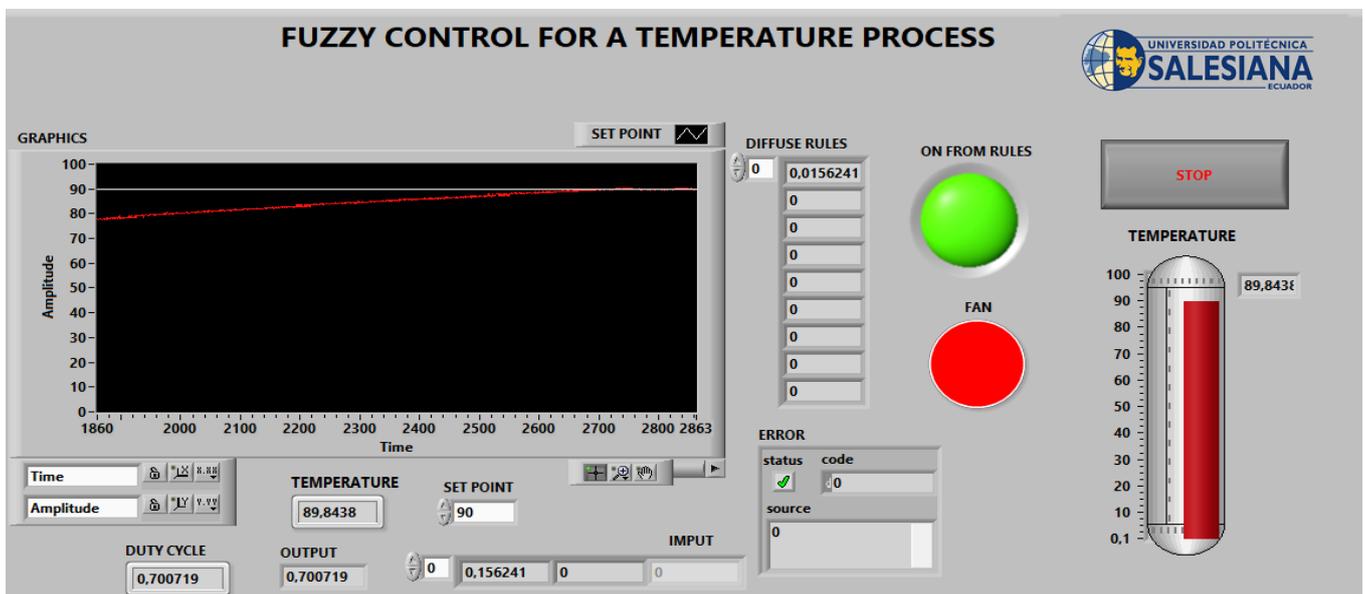


Nota. Estabilización del set point de en 80°C

A continuación, la siguiente figura 38 se observa que sale de 75°C y llega a estabilizarse en el setpoint en 90°C.

Figura 38.

Estabilidad del set point de en 90°C



Nota. Estabilización del set point de en 90°C

Con el controlador en funcionamiento, se realizaron pruebas de respuesta para cada set point seleccionado. Se observó cómo el sistema respondía a los cambios en los valores objetivo, prestando especial atención a aspectos clave como el tiempo de respuesta, el tiempo de estabilización, el sobre impulso, y el error en estado estacionario. Estas pruebas se documentaron mediante gráficas de respuesta temporal que muestran la evolución de la temperatura a lo largo del tiempo.

Además de las pruebas de respuesta temporal, se evaluó la estabilidad del sistema frente a perturbaciones externas, como cambios abruptos en la carga térmica o variaciones en las condiciones ambientales. Se analizó la capacidad del controlador difuso para mantener la temperatura deseada en estas condiciones, lo que permitió evaluar su robustez y adaptabilidad.

VI Resultados.

6.1 Establecimiento de las funciones de pertenencia del control difuso

6.1.1 Conexión y Configuración de la Tarjeta NI myRIO

La correcta conexión y configuración del NI myRIO 1900 fueron fundamentales para la integración efectiva del hardware con la planta EPC. A continuación, se detallan los procedimientos y resultados obtenidos.

6.1.2 Conexiones Físicas

Procedimiento: Se establecieron conexiones físicas entre el NI myRIO y la planta EPC utilizando tantos puertos USB para la configuración para la comunicación en tiempo real.

Conexión USB: La conexión inicial mediante USB permitió la configuración básica del NI myRIO, incluyendo la carga de firmware y la configuración de parámetros iniciales, figura 39 es la conexión física entre LabVIEW y la myRIO.

Figura 39

Conexiones físicas.



Nota. Se observa en la figura la conexión física

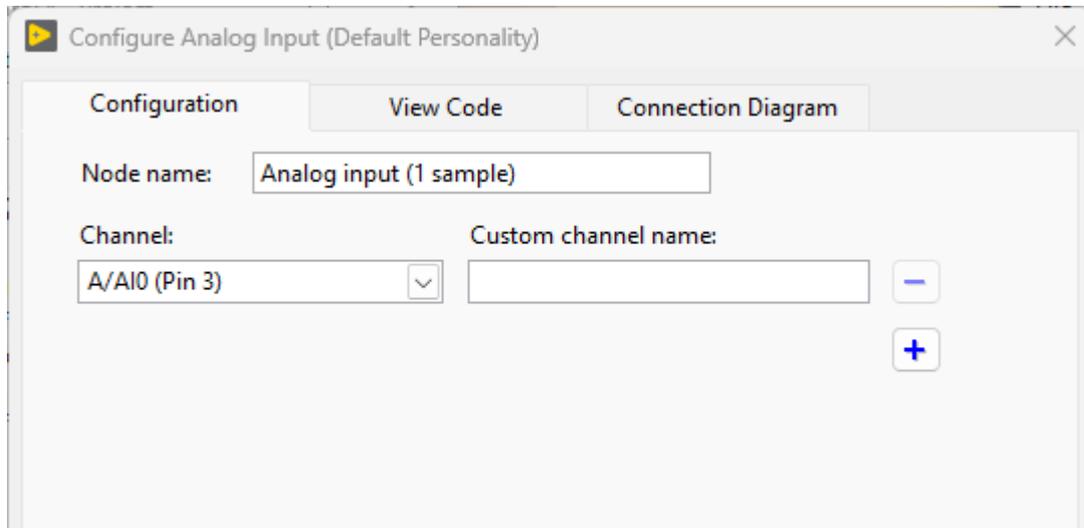
6.1.3 Configuración de Canales.

Procedimiento Se configuraron los canales analógicos para la adquisición de datos de temperatura y los canales digitales para el control del ventilador. Se realizó la calibración de los sensores y la configuración de los parámetros necesarios.

Canales Analógicos Los sensores de temperatura fueron calibrados para proporcionar lecturas precisas. Los datos obtenidos fueron consistentes con las expectativas, y la adquisición de datos fue realizada con precisión, figura 40 de la configuración de los canales.

Figura 40.

Configuración de canales

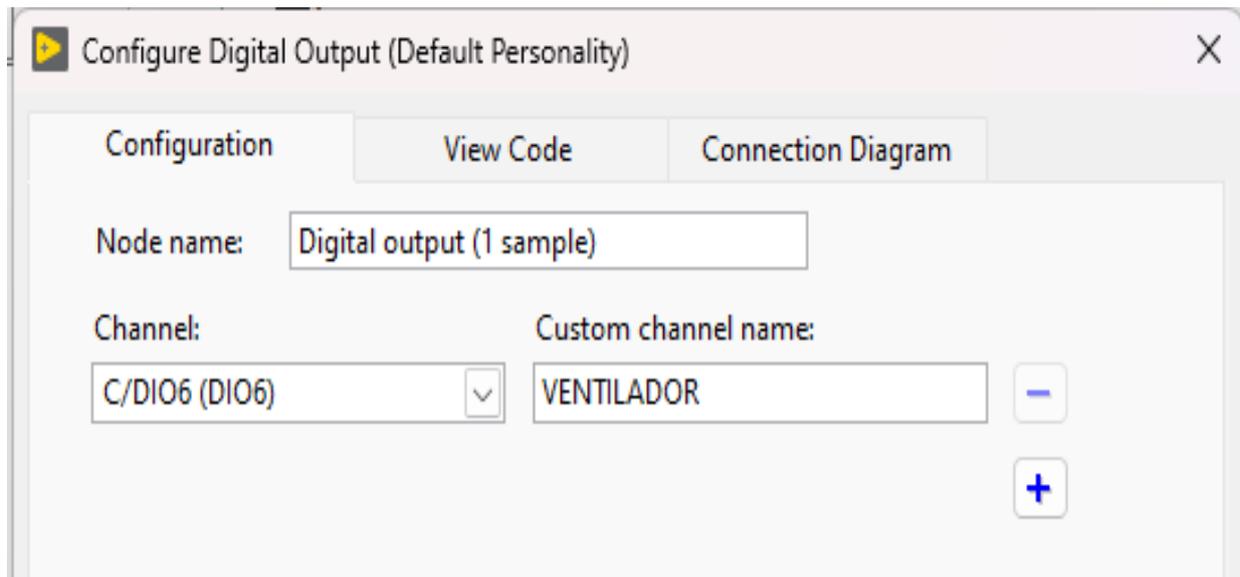


Nota. verificación de los puertos de la NI myRIO

Canales Digitales: La configuración de los canales digitales permitió el control preciso del ventilador, ajustando la velocidad según las señales de salida del controlador difuso, figura 41 configuración de canales de las salidas digitales.

Figura 41

Configuración de canales



Nota. verificación de los puertos de la NI myRIO

6.2 Diseño del Controlador Difuso con el Software LabVIEW

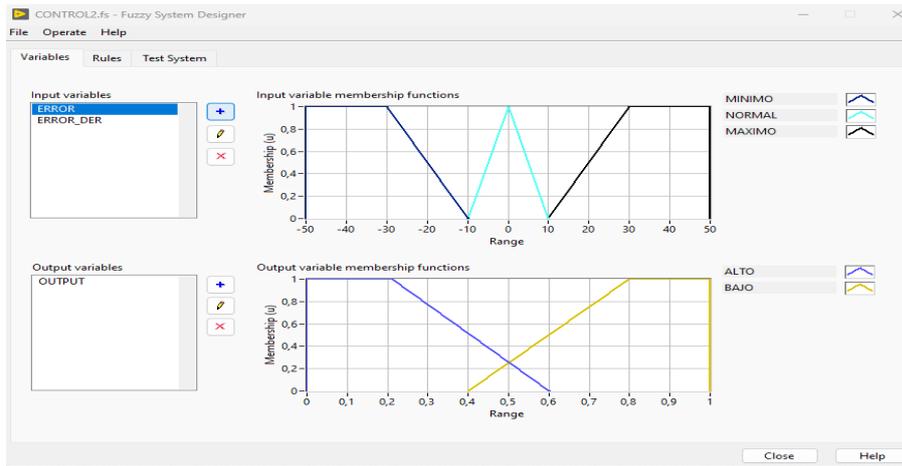
6.2.1 Configuración del Controlador Difuso

El controlador difuso fue implementado utilizando el Toolkit de Lógica Difusa en LabVIEW. Se definieron las funciones de membresía y las reglas difusas, y se realizaron pruebas para verificar su funcionamiento.

Funciones de Membresía: Las funciones de membresía fueron configuradas correctamente y se verificó su efectividad en la clasificación de las variables de entrada, figura 42 muestra las funciones de membrecía para el control difuso.

Figura 42.

Funciones de membresía para el controlador difuso



Nota. verificación del controlador difuso.

Reglas Difusas: Las reglas difusas fueron implementadas y evaluadas, mostrando que el sistema respondía adecuadamente a las variaciones en el error y el error derivativo.

Reglas Definidas

1. Regla 1:

Condición:

Error: Bajo (0)

Error Derivativo: Bajo (0)

Acción:

Output: Alto (1)

Salida del Output: 1

2. Regla 2:

Condición:

Error: Normal (0)

Error Derivativo: Normal (1)

Acción:

Output: Bajo (2)

Salida del Output: 3

3. Regla 3:

Condición:

Error: Alto (0)

Error Derivativo: Bajo (0)

Acción:

Output: Alto (3)

Salida del Output: 3

4. Regla 4:

Condición:

Error: Bajo (1)

Error Derivativo: Normal (1)

Acción:

Output: Alto (4)

Salida del Output: 3

5. Regla 5:

Condición:

Error: Normal (1)

Error Derivativo: Alto (2)

Acción:

Output: Bajo (5)

Salida del Output: 3

6. Regla 6:

Condición:

Error: Alto (2)

Error Derivativo: Bajo (1)

Acción:

Output: Alto (6)

Salida del Output: 3

7. Regla 7:

Condición:

Error: Bajo (0)

Error Derivativo: Normal (1)

Acción:

Output: Bajo (7)

Salida del Output: 2

8. Regla 8:

Condición:

Error: Normal (1)

Error Derivativo: Alto (2)

Acción:

Output: Alto (8)

Salida del Output: 3

9. Regla 9:

Condición:

Error: Alto (0)

Error Derivativo: Bajo (3)

Acción:

Output: Alto (9)

Salida del Output: 3

6.2.2 Evaluación del Desempeño del Sistema

La evaluación del desempeño del sistema se centró en medir la precisión, estabilidad y tiempo de respuesta del controlador difuso. A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante esta fase:

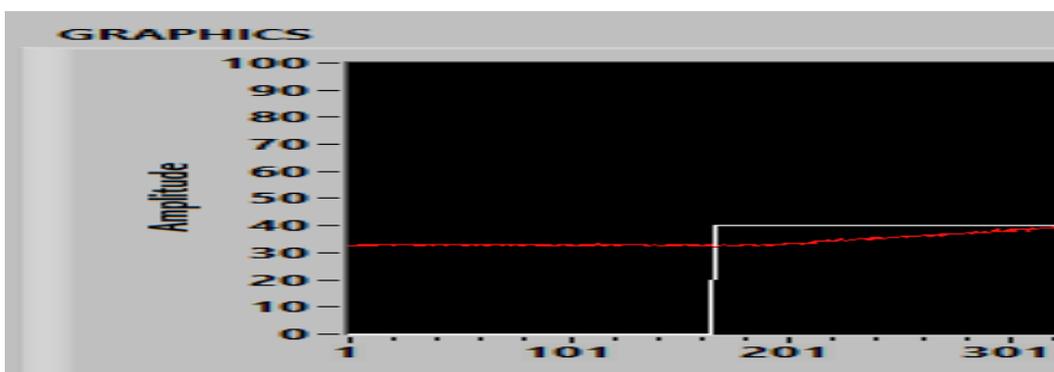
6.2.3 Precisión en el Control de Temperatura

Procedimiento: Se midió la capacidad del sistema para mantener la temperatura cerca del punto de ajuste bajo diferentes condiciones operativas. Se utilizaron gráficos de temperatura para evaluar el desempeño del controlador difuso.

Gráfico de Temperatura Actual. Los datos mostraron que el sistema mantenía la temperatura cerca del punto de ajuste con una desviación mínima. La estabilidad del sistema fue evidente en la regulación precisa y continua de la temperatura, figura 43 precisión de setpoint de 40°.

Figura 43.

Precisión de set point de 40°c



Nota. La figura destaca cómo el control difuso logra una mejor adaptación a las dinámicas complejas del sistema.

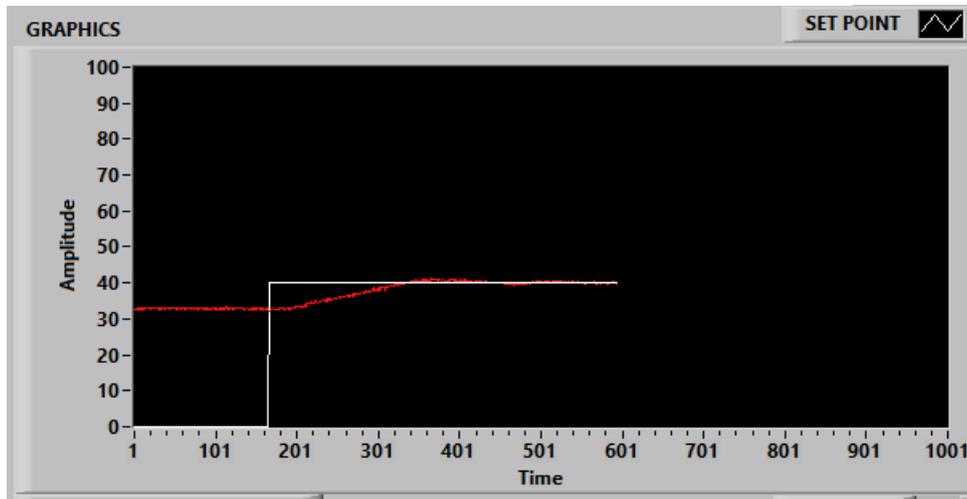
6.2.4 Estabilidad del Sistema

Procedimiento. Se evaluó la estabilidad del sistema mediante pruebas de perturbación y análisis de la respuesta del sistema a cambios en la temperatura. Se utilizaron gráficos de estabilidad para visualizar el desempeño del controlador difuso.

Los resultados mostraron que el sistema mantenía una respuesta estable con menos oscilaciones en comparación con otros métodos de control. La respuesta fue suave y gradual, con una reducción significativa en las fluctuaciones de temperatura, figura 44.

Figura 44.

Estabilidad de set point de 40°C



Nota. La estabilidad del set point de 30°C a 40°C fue de 3 segundos en la cual el error fue mínimo.

Pruebas de Perturbación: Se realizaron pruebas para introducir perturbaciones en el sistema, y el controlador difuso demostró una capacidad efectiva para mantener la estabilidad y minimizar las oscilaciones, tabla 1 muestra los resultados de estabilidad del controlador difuso de 30° a 40°.

Tabla 1.*Resultado de estabilidad del controlador difuso.*

SETPOINT DE 30° A 40°					
Time - SET POINT	Amplitude - SET POINT	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
	40	744	40,0391	0	3
39634	40	744	40,5273	0,4882	3
39635	40	744	40,0391	0	3
39636	40	744	40,0391	0	3
39637	40	744	40,0391	0	3
39638	40	744	40,0391	0	3
39639	40	744	40,0391	0	3
39640	40	744	40,5273	0,4882	3
39641	40	744	40,0391	0	3
39642	40	744	40,0391	0	3
39643	40	744	40,0391	0	3
39644	40	744	40,5273	0,4882	3
39645	40	744	40,0391	0	3
39646	40	744	40,0391	0	3
39647	40	744	40,0391	0	3
39648	40	744	40,0391	0	3
39649	40	744	40,0391	0	3
39650	40	744	40,0391	0	3
39651	40	744	40,0391	0	3
39652	40	744	40,0391	0	3
39653	40	744	40,0391	0	3
39654	40	744	40,0391	0	3
39655	40	744	40,0391	0	3
39656	40	744	40,0391	0	3
39657	40	744	40,5273	0,4882	3
39658	40	744	40,0391	0	3
39659	40	744	40,0391	0	3
39660	40	744	40,0391	0	3
39661	40	744	40,0391	0	3
39662	40	744	40,0391	0	3
39663	40	744	40,5273	0	3

Nota. los resultados de las perturbaciones son mínimas en la cual esta resaltado de un color diferente.

Tabla 2.*Resultado de estabilidad del controlador difuso.*

SETPOINT DE 35 A 50					
Time - SET POINT	Amplitude - SET POINT	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
744	50	744	50,293	0	7
745	50	745	50,7813	0	7
746	50	746	50,293	0,4883	7
747	50	747	50,293	0	7
748	50	748	50,7813	0	7
749	50	749	50,293	0	7
750	50	750	50,293	0	7
751	50	751	49,8047	0,4883	7
752	50	752	50,7813	0	7
753	50	753	50,293	0	7
754	50	754	50,7813	0	7
755	50	755	50,7813	0	7
756	50	756	50,7813	0	7
757	50	757	50,293	0,4883	7
758	50	758	50,293	0	7
759	50	759	50,293	0	7
760	50	760	50,7813	0	7
761	50	761	50,293	0	7
762	50	762	50,293	0	7
763	50	763	50,7813	0	7
764	50	764	50,293	0	7
765	50	765	50,7813	0	7
766	50	766	50,293	0	7
767	50	767	50,293	0	7
768	50	768	50,293	0	7
769	50	769	50,293	0	7
770	50	770	50,7813	0	7
771	50	771	50,293	0,4883	7
772	50	772	49,8047	0,4883	7
773	50	773	50,293	0	7
774	50	774	49,8047	0	7
775	50	775	50,293	0	7

Nota. Estabilización de setpoint de 35 a 50

Tabla 3.*Resultado de estabilidad del controlador difuso.*

SETPOINT DE 35 A 60					
Time - SET POINT	Time - SET POINT	Time - SET POINT	Time - SET POINT	Time - SET POINT	SEGUNDOS
2586	60	2586	59,5703	0	11
2587	60	2587	59,5703	0,4883	11
2588	60	2588	59,082	0	11
2589	60	2589	59,5703	0	11
2590	60	2590	59,5703	0	11
2591	60	2591	59,5703	0	11
2592	60	2592	59,5703	0	11
2593	60	2593	59,5703	0	11
2594	60	2594	59,5703	0	11
2595	60	2595	59,5703	0	11
2596	60	2596	60,0586	0,4883	11
2597	60	2597	59,5703	0	11
2598	60	2598	59,5703	0	11
2599	60	2599	59,5703	0	11
2600	60	2600	59,5703	0	11
2601	60	2601	60,0586	0	11
2602	60	2602	60,0586	0	11
2603	60	2603	60,0586	0,4883	11
2604	60	2604	59,5703	0	11
2605	60	2605	59,5703	0	11
2606	60	2606	60,0586	0	11
2607	60	2607	60,0586	0	11
2608	60	2608	60,0586	0	11
2609	60	2609	60,0586	0	11
2610	60	2610	60,0586	0	11
2611	60	2611	60,0586	0	11
2612	60	2612	60,0586	0	11
2613	60	2613	60,5469	0	11
2614	60	2614	60,5469	0,4883	11
2615	60	2615	60,0586	0	11
2616	60	2616	60,0586	0	11
2617	60	2617	60,0586	0	11
2618	60	2618	60,0586	0	11

Nota. Estabilización de setpoint de 35 a 60

Tabla 4.

Resultado de estabilidad del controlador difuso.

SETPOINT DE 35 A 70					
Time - SET POINT	Amplitude - SET POINT	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
1666	70	1666	69,8242	0,4883	15
1667	70	1667	69,3359	0	15
1668	70	1668	69,3359	0	15
1669	70	1669	69,8242	0	15
1670	70	1670	69,8242	0	15
1671	70	1671	69,8242	0	15
1672	70	1672	69,8242	0	15
1673	70	1673	70,3125	0	15
1674	70	1674	70,3125	0	15
1675	70	1675	70,3125	0	15
1676	70	1676	70,3125	0	15
1677	70	1677	70,3125	0	15
1678	70	1678	70,3125	0	15
1679	70	1679	70,3125	0	15
1680	70	1680	70,3125	0,4883	15
1681	70	1681	69,8242	0	15
1682	70	1682	69,8242	0,4883	15
1683	70	1683	69,3359	0	15
1684	70	1684	69,8242	0	15
1685	70	1685	69,8242	0	15
1686	70	1686	70,3125	0	15
1687	70	1687	70,3125	0	15
1688	70	1688	70,3125	0	15
1689	70	1689	70,8008	0,4883	15
1690	70	1690	70,3125	0	15
1691	70	1691	70,8008	0	15
1692	70	1692	70,8008	0,4883	15
1693	70	1693	70,3125	0,4883	15
1694	70	1694	69,8242	0	15
1695	70	1695	70,3125	0	15
1696	70	1696	70,3125	0	15
1697	70	1697	70,3125	0	15
1698	70	1698	70,3125	0	15

Nota. Estabilización de setpoint de 35 a 70.

Tabla 5.*Resultado de estabilidad del controlador difuso.*

SETPOINT DE 45 A 80					
Time - SET POINT	Amplitude - SET POINT	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
4660	80	4660	79,5899	0	22
4661	80	4661	79,5899	0,4883	22
4662	80	4662	79,1016	0	22
4663	80	4663	79,1016	0	22
4664	80	4664	79,1016	0	22
4665	80	4665	79,1016	0	22
4666	80	4666	79,5899	0	22
4667	80	4667	79,5899	0,4883	22
4668	80	4668	79,1016	0	22
4669	80	4669	79,5899	0,4883	22
4670	80	4670	79,1016	0	22
4671	80	4671	79,5899	0	22
4672	80	4672	79,5899	0	22
4673	80	4673	79,5899	0,4883	22
4674	80	4674	79,1016	0	22
4675	80	4675	79,5899	0	22
4676	80	4676	79,5899	0	22
4677	80	4677	79,5899	0	22
4678	80	4678	79,5899	0	22
4679	80	4679	79,5899	0	22
4680	80	4680	79,5899	0	22
4681	80	4681	79,5899	0	22
4682	80	4682	79,5899	0	22
4683	80	4683	79,5899	0	22
4684	80	4684	79,5899	0	22
4685	80	4685	79,5899	0	22
4686	80	4686	79,5899	0	22
4687	80	4687	79,5899	0	22
4688	80	4688	79,5899	0	22
4689	80	4689	80,0781	0,4882	22
4690	80	4690	79,5899	0	22
4691	80	4691	79,5899	0	22
4692	80	4692	79,5899	0	22

Nota. Estabilización de setpoint de 45 a 80

Tabla 6.*Resultado de estabilidad del controlador difuso.*

SETPOINT DE 47 A 90					
Time - SET POINT	Amplitude - SET POINT	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
8104	90	8104	89,8438	0	30
8105	90	8105	89,8438	0	30
8106	90	8106	89,8438	0	30
8107	90	8107	89,8438	0	30
8108	90	8108	89,8438	0	30
8109	90	8109	89,8438	0	30
8110	90	8110	89,8438	0	30
8111	90	8111	89,8438	0	30
8112	90	8112	90,332	0	30
8113	90	8113	90,332	0	30
8114	90	8114	90,332	0	30
8115	90	8115	90,332	0	30
8116	90	8116	90,332	0	30
8117	90	8117	90,332	0	30
8118	90	8118	90,332	0	30
8119	90	8119	90,332	0	30
8120	90	8120	90,332	0	30
8121	90	8121	90,332	0	30
8122	90	8122	90,332	0,4882	30
8123	90	8123	89,8438	0	30
8124	90	8124	89,8438	0	30
8125	90	8125	89,8438	0	30
8126	90	8126	90,332	0	30
8127	90	8127	90,332	0	30
8128	90	8128	90,332	0	30
8129	90	8129	90,332	0	30
8130	90	8130	90,332	0	30
8131	90	8131	90,332	0,4882	30
8132	90	8132	89,8438	0	30
8133	90	8133	89,8438	0	30

Nota. Estabilización de setpoint de 47 a 90.

6.3 Evaluación del comportamiento del controlador difuso en un proceso de temperatura

Para evaluar la efectividad del controlador difuso en comparación con el PID, se realizaron pruebas exhaustivas bajo las mismas condiciones operativas. La comparación se centró en la estabilidad, precisión y tiempo de respuesta de ambos controladores.

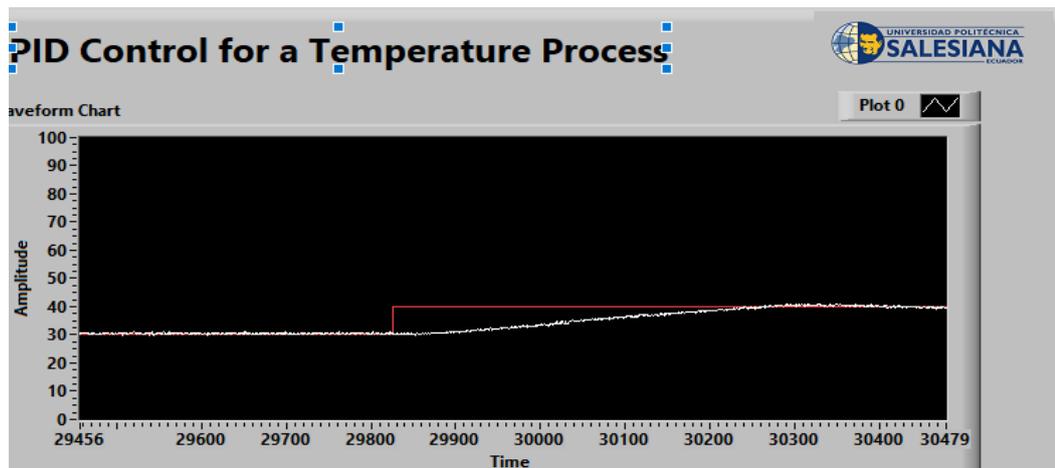
6.3.1 Desempeño del Controlador PID

Procedimiento: Se configuró el controlador PID con parámetros ajustados para lograr un desempeño óptimo en la regulación de temperatura. Se realizaron pruebas para medir la respuesta del sistema con el controlador PID.

El gráfico mostró que el controlador PID logró acercarse a la temperatura al punto de ajuste, pero con oscilaciones notables. Estas oscilaciones indicaron que el sistema, figura 45 muestra un tiempo de estabilización más largo en el setpoint 40°C.

Figura 45.

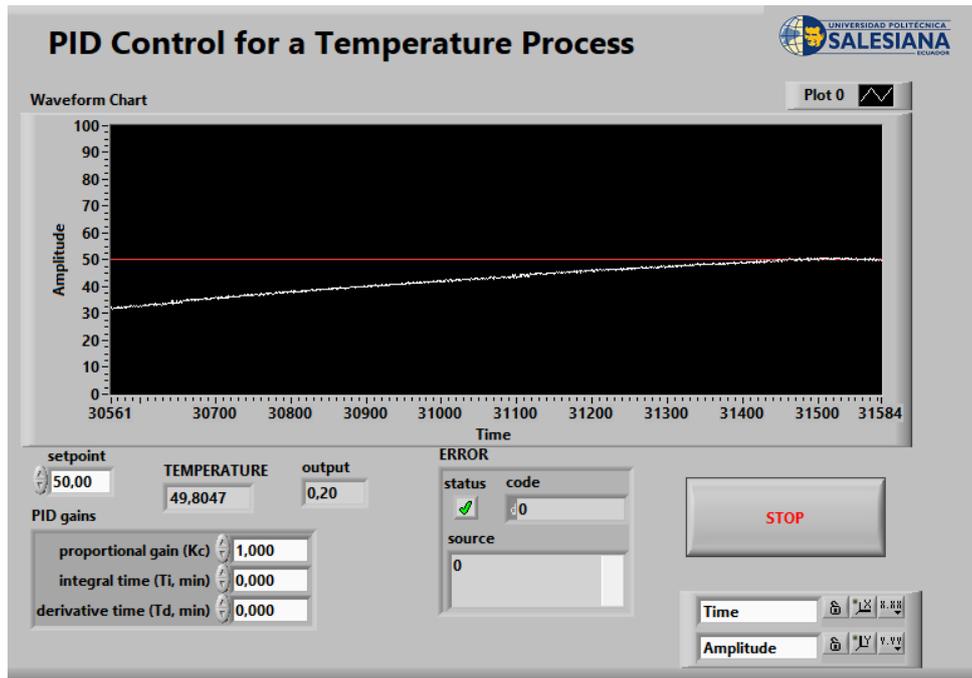
Estabilidad más larga



Nota. Estabilización larga en el set point 40°C.

Figura 46.

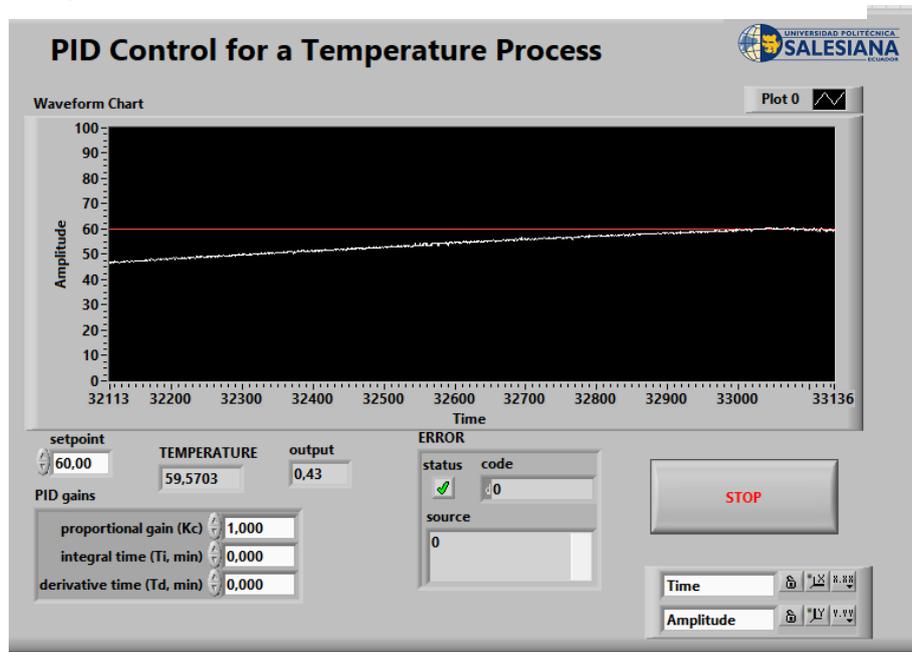
Estabilidad larga 2



Nota. Estabilización larga en el set point 50°C.

Figura 47.

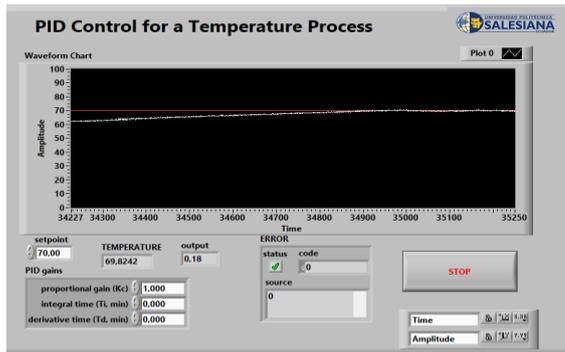
Estabilidad larga 3



Nota. Estabilización larga en el set point 60°C.

Figura 48.

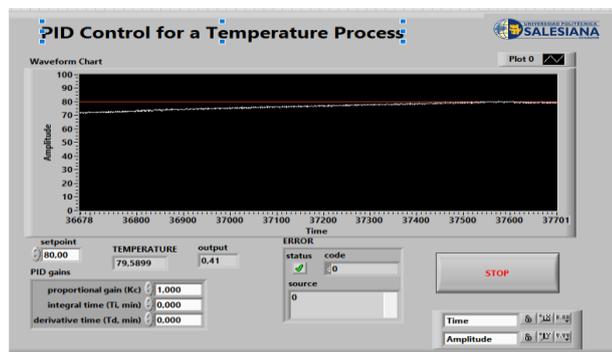
Estabilidad larga 4



Nota. Estabilización larga en el set point 70°C.

Figura 49.

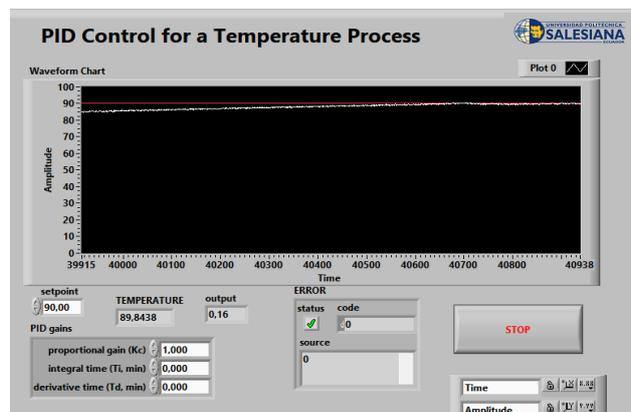
Estabilidad larga 5



Nota. Estabilización larga en el set point 80°C.

Figura 50.

Estabilidad larga 6



Nota. Estabilización larga en el set point 90°C.

Tabla 7.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SETPOINT DE 30° A 40°					
Time - Plot 0	Amplitude - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	MARGEN DE ERROR	Segundos
8938	40,0391	8938	40	0,49	4
8939	40,5273	8939	40	0,49	4
8940	40,0391	8940	40	0,00	4
8941	40,0391	8941	40	0,00	4
8942	40,0391	8942	40	0,00	4
8943	40,0391	8943	40	0,00	4
8944	40,0391	8944	40	-0,49	4
8945	40,5273	8945	40	0,49	4
8946	40,0391	8946	40	0,00	4
8947	40,0391	8947	40	0,00	4
8948	40,0391	8948	40	-0,49	4
8949	40,5273	8949	40	0,49	4
8950	40,0391	8950	40	0,00	4
8951	40,0391	8951	40	0,00	4
8952	40,0391	8952	40	0,00	4
8953	40,0391	8953	40	0,00	4
8954	40,0391	8954	40	0,00	4
8955	40,0391	8955	40	0,00	4
8956	40,0391	8956	40	0,00	4
8957	40,0391	8957	40	0,00	4
8958	40,0391	8958	40	0,00	4
8959	40,0391	8959	40	0,00	4
8960	40,0391	8960	40	0,00	4
8961	40,0391	8961	40	-0,49	4
8962	40,5273	8962	40	0,49	4
8963	40,0391	8963	40	0,00	4
8964	40,0391	8964	40	0,00	4
8965	40,0391	8965	40	0,00	4
8966	40,0391	8966	40	0,00	4
8967	40,0391	8967	40	-0,49	4
8968	40,5273	8968	40	0,49	4
8969	40,0391	8969	40	0,00	4
8970	40,0391	8970	40	0,00	4
8971	40,0391	8971	40	0,00	4
8972	40,0391	8972	40	0,00	4
8973	40,0391	8973	40	0,00	4
8974	40,0391	8974	40	0,00	4

Nota. estabilización de PID de 30° a 40°.

Tabla 8.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SET POINT DE 35 A 50					
Time - Plot 0	Amplitude - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
7568	50,293	7568	50	0,00	8
7569	50,7813	7569	50	-0,49	8
7570	50,293	7570	50	0,49	8
7571	50,293	7571	50	0,00	8
7572	50,7813	7572	50	-0,49	8
7573	50,293	7573	50	0,49	8
7574	50,7813	7574	50	-0,49	8
7575	50,293	7575	50	0,49	8
7576	50,293	7576	50	0,00	8
7577	50,7813	7577	50	-0,49	8
7578	50,293	7578	50	0,49	8
7579	50,7813	7579	50	-0,49	8
7580	50,7813	7580	50	0,00	8
7581	50,7813	7581	50	0,00	8
7582	50,293	7582	50	0,49	8
7583	50,293	7583	50	0,00	8
7584	50,7813	7584	50	-0,49	8
7585	50,7813	7585	50	0,00	8
7586	50,7813	7586	50	0,00	8
7587	50,7813	7587	50	0,00	8
7588	50,7813	7588	50	0,00	8
7589	50,7813	7589	50	0,00	8
7590	50,7813	7590	50	0,00	8
7591	50,293	7591	50	0,49	8
7592	50,7813	7592	50	-0,49	8
7593	50,7813	7593	50	0,00	8
7594	50,7813	7594	50	0,00	8
7595	50,7813	7595	50	0,00	8
7596	50,7813	7596	50	0,00	8
7597	50,7813	7597	50	0,00	8
7598	50,7813	7598	50	0,00	8
7599	50,7813	7599	50	0,00	8
7600	50,293	7600	50	0,49	8

Nota. estabilización de PID de 35° a 50°.

Tabla 9.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SET POINT DE 35 A 60					
Time - Plot 0	Amplitud - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitud - Plot 1	Margen de error	Segundos
11312	60,0586	11312	60	0	12
11313	60,0586	11313	60	0	12
11314	60,0586	11314	60	0	12
11315	60,0586	11315	60	0	12
11316	60,0586	11316	60	0	12
11317	60,5469	11317	60	-0,4883	12
11318	60,5469	11318	60	0	12
11319	60,5469	11319	60	0	12
11320	60,5469	11320	60	0	12
11321	60,5469	11321	60	0	12
11322	60,5469	11322	60	0	12
11323	60,5469	11323	60	0	12
11324	60,5469	11324	60	0	12
11325	60,5469	11325	60	0	12
11326	60,5469	11326	60	0	12
11327	60,0586	11327	60	0,4883	12
11328	60,5469	11328	60	-0,4883	12
11329	60,5469	11329	60	0	12
11330	60,5469	11330	60	0	12
11331	60,5469	11331	60	0	12
11332	60,5469	11332	60	0	12
11333	60,5469	11333	60	0	12
11334	60,0586	11334	60	0,4883	12
11335	60,0586	11335	60	0	12
11336	60,5469	11336	60	-0,4883	12
11337	60,5469	11337	60	0	12
11338	60,5469	11338	60	0	12
11339	60,5469	11339	60	0	12
11340	60,0586	11340	60	0,4883	12
11341	60,5469	11341	60	-0,4883	12
11342	60,5469	11342	60	0	12
11343	60,5469	11343	60	0	12
11344	60,5469	11344	60	0	12
11345	60,0586	11345	60	0,4883	12
11346	60,0586	11346	60	0	12

Nota. estabilización de PID de 35° a 60°.

Tabla 10.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SET POINT DE 41 A 70					
Time - Plot 0	Amplitud - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitud - Plot 1	Margen de error	Segundos
15133	69,3359	15133	70	0	16
15134	69,3359	15134	70	0,4882	16
15135	68,8477	15135	70	-0,9765	16
15136	69,8242	15136	70	0,4883	16
15137	69,3359	15137	70	0	16
15138	69,3359	15138	70	0	16
15139	69,3359	15139	70	0	16
15140	69,3359	15140	70	0	16
15141	69,3359	15141	70	0	16
15142	69,3359	15142	70	0	16
15143	69,3359	15143	70	0	16
15144	69,3359	15144	70	0	16
15145	69,3359	15145	70	0	16
15146	69,3359	15146	70	0	16
15147	69,3359	15147	70	0	16
15148	69,3359	15148	70	-0,4883	16
15149	69,8242	15149	70	0,4883	16
15150	69,3359	15150	70	0	16
15151	69,3359	15151	70	-0,4883	16
15152	69,8242	15152	70	0	16
15153	69,8242	15153	70	0	16
15154	69,8242	15154	70	0	16
15155	69,8242	15155	70	0,4883	16
15156	69,3359	15156	70	-0,4883	16
15157	69,8242	15157	70	0	16
15158	69,8242	15158	70	0	16
15159	69,8242	15159	70	0	16
15160	69,8242	15160	70	0	16
15161	69,8242	15161	70	0,4883	16
15162	69,3359	15162	70	-0,4883	16
15163	69,8242	15163	70	0	16
15164	69,8242	15164	70	0	16
15165	69,8242	15165	70	0	16
15166	69,8242	15166	70	0	16
15167	69,8242	15167	70	0,4883	16
15168	69,3359	15168	70	-0,4883	16
15169	69,8242	15169	70	0	16
15170	69,8242	15170	70	0	16

Nota. estabilización de PID de 41° a 70°.

Tabla 11.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SET POINT DE 45 A 80					
Time - Plot 0	Amplitude - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitude - Plot 1	Margen de error	Segundos
18577	79,1016	18577	80	0,4883	22
18578	78,6133	18578	80	-0,9766	22
18579	79,5899	18579	80	0,4883	22
18580	79,1016	18580	80	0	22
18581	79,1016	18581	80	-0,4883	22
18582	79,5899	18582	80	0,9766	22
18583	78,6133	18583	80	-0,4883	22
18584	79,1016	18584	80	0	22
18585	79,1016	18585	80	0,4883	22
18586	78,6133	18586	80	-0,4883	22
18587	79,1016	18587	80	0	22
18588	79,1016	18588	80	0	22
18589	79,1016	18589	80	0	22
18590	79,1016	18590	80	0	22
18591	79,1016	18591	80	0	22
18592	79,1016	18592	80	0	22
18593	79,1016	18593	80	0	22
18594	79,1016	18594	80	0,4883	22
18595	78,6133	18595	80	-0,4883	22
18596	79,1016	18596	80	0,4883	22
18597	78,6133	18597	80	-0,4883	22
18598	79,1016	18598	80	0	22
18599	79,1016	18599	80	0	22
18600	79,1016	18600	80	0	22
18601	79,1016	18601	80	0	22
18602	79,1016	18602	80	0	22
18603	79,1016	18603	80	-0,4883	22
18604	79,5899	18604	80	0,4883	22

Nota. estabilización de PID de 45° a 80°.

Tabla 12.*Resultado de estabilidad del controlador PID.*

SET POINT DE 47 A 90					
Time - Plot 0	Amplitud - Plot 0	Time - Plot 1	Amplitud - Plot 1	Margen de error	Segundos
21808	89,3555	21808	90	0	30
21809	89,3555	21809	90	0	30
21810	89,3555	21810	90	0	30
21811	89,3555	21811	90	0	30
21812	89,3555	21812	90	-0,4883	30
21813	89,8438	21813	90	0,4883	30
21814	89,3555	21814	90	0	30
21815	89,3555	21815	90	0	30
21816	89,3555	21816	90	-0,4883	30
21817	89,8438	21817	90	0,4883	30
21818	89,3555	21818	90	0	30
21819	89,3555	21819	90	-0,4883	30
21820	89,8438	21820	90	0,4883	30
21821	89,3555	21821	90	-0,4883	30
21822	89,8438	21822	90	0	30
21823	89,8438	21823	90	0	30
21824	89,8438	21824	90	0,4883	30
21825	89,3555	21825	90	0	30
21826	89,3555	21826	90	-0,4883	30
21827	89,8438	21827	90	0,9766	30
21828	88,8672	21828	90	-0,4883	30
21829	89,3555	21829	90	-0,4883	30
21830	89,8438	21830	90	0	30
21831	89,8438	21831	90	0	30
21832	89,8438	21832	90	0,4883	30
21833	89,3555	21833	90	-0,4883	30
21834	89,8438	21834	90	0,4883	30
21835	89,3555	21835	90	-0,4883	30
21836	89,8438	21836	90	0,4883	30
21837	89,3555	21837	90	-0,4883	30
21838	89,8438	21838	90	0	30
21839	89,8438	21839	90	0	30
21840	89,8438	21840	90	0	30
21841	89,8438	21841	90	0	30
21842	89,8438	21842	90	0	30

Nota. estabilización de PID de 47° a 90°.

6.4 Resumen de Resultados

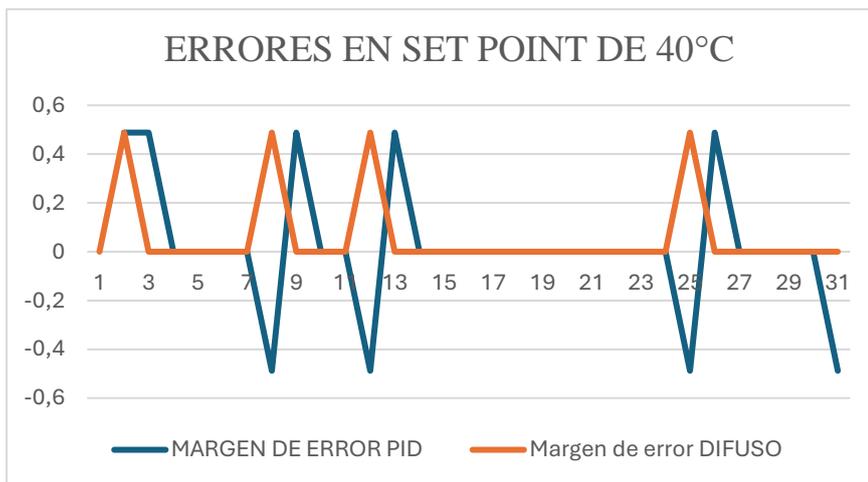
Desempeño General:

Controlador Difuso: Ofreció una regulación precisa y estable, con respuestas suaves y mínimas oscilaciones. El desempeño en términos de estabilidad y precisión superó al del controlador PID.

Controlador PID: Aunque efectivo en mantener la temperatura cerca del punto de ajuste, mostró limitaciones en la estabilidad, con oscilaciones alrededor del punto de ajuste.

Se demuestra el desempeño de los controladores en diferentes puntos de temperatura en la cual se verifica la estabilidad de cada uno de los puntos de temperatura establecidos, en la figura 51 muestra los errores en el setpoint de 40°C.

Figura 51.
Errores en el setpoint de 40°

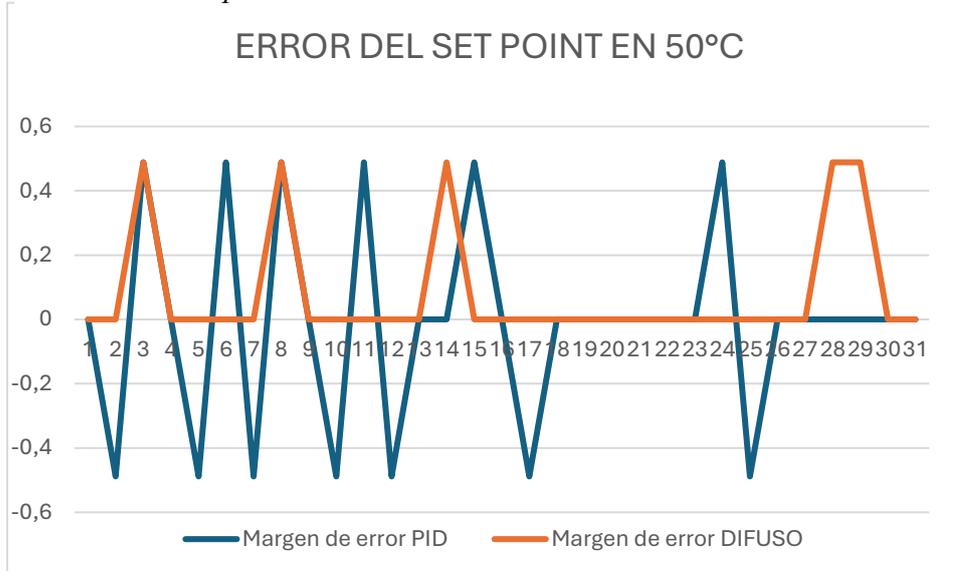


Nota. Graficas del error en el setpoint de 40°

En la siguiente figura 52 muestra los errores en el setpoint de 40°C

Figura 52.

Errores en el setpoint de 40°

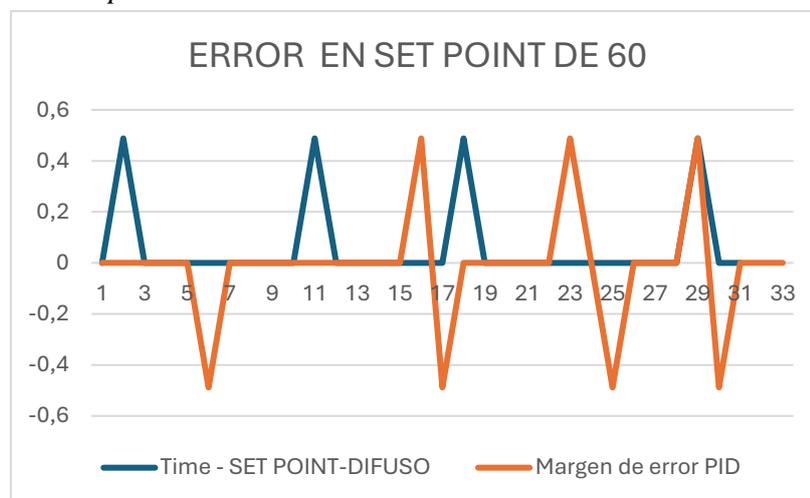


Nota. Grafica de error del setpoint en 50°C.

En la figura 53 se muestra los errores en el setpoint de 60°C.

Figura 53.

Errores en el setpoint de 60°

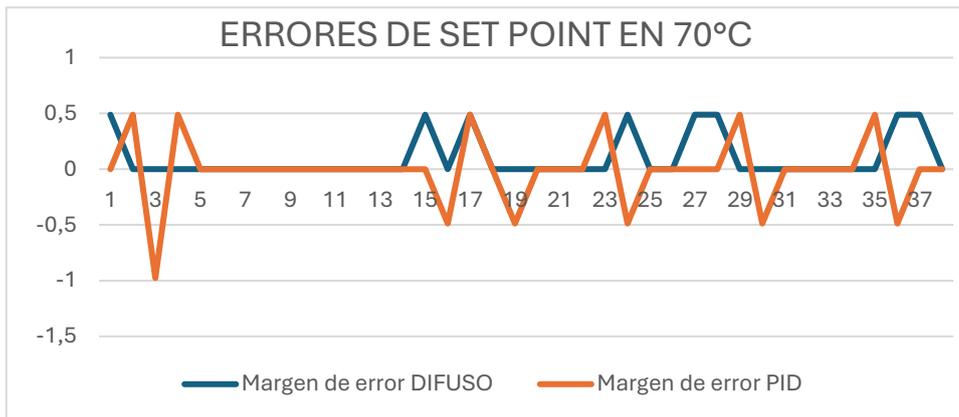


Nota. Gráfica de error del setpoint en 60°C.

En la siguiente figura 54 se muestra los errores en el setpoint de 70°C.

Figura 54.

Errores en el setpoint de 70°

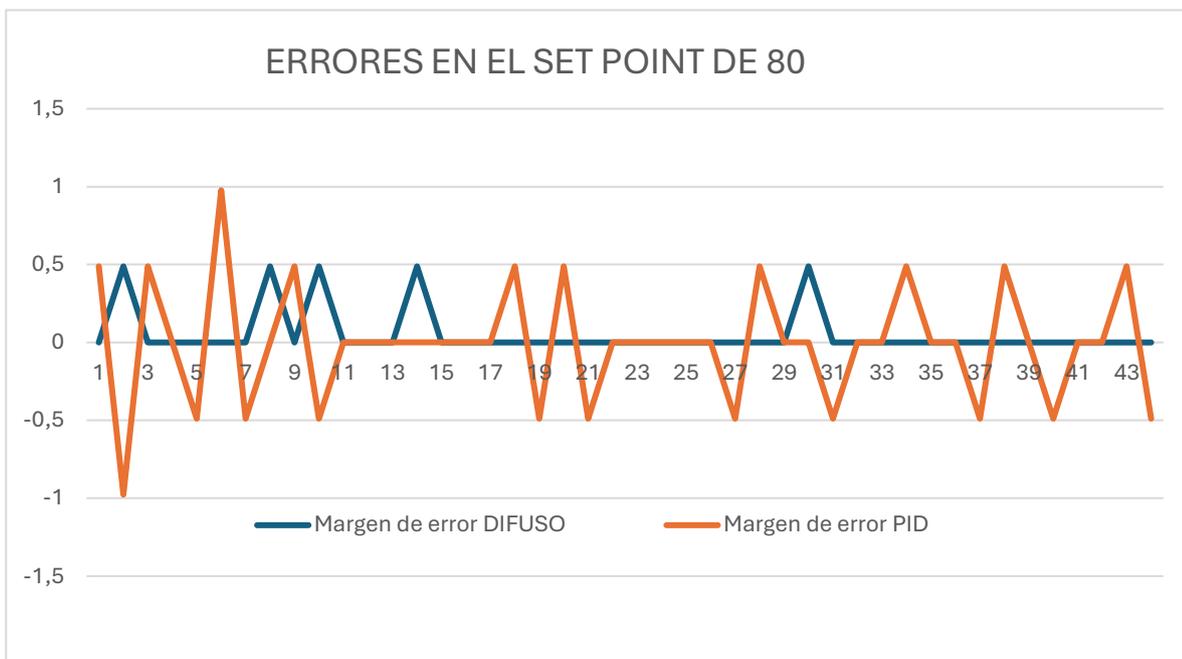


Nota. Gráfica de error del setpoint en 70°C.

En la siguiente figura 55 se muestra los errores en el setpoint de 80°C.

Figura 55.

Errores en el setpoint de 80°



Nota. Gráfica de error del setpoint en 60°C.

En conclusión el control difuso, en comparación con el PID, tiende a mostrar ciertas ventajas en estabilidad, precisión y tiempo de respuesta, pero estas no son verdades absolutas y pueden variar según el proceso y la implementación.

Sobre la estabilidad, algunos estudios han encontrado que el control difuso puede mejorarla en alrededor de un 10%, aunque este valor no es una regla fija y depende mucho del diseño del sistema difuso y en cuanto a la precisión, un 5% más preciso podría ser posible, pero nuevamente, esto depende de cómo se defina y mida la precisión en un contexto específico, finalmente, respecto al tiempo de respuesta, el control difuso podría ofrecer un tiempo de respuesta más rápido en ciertos escenarios, pero afirmar que siempre es un 5% más rápido sería una simplificación, cada proceso es único, y los resultados pueden variar considerablemente según la configuración específica y las condiciones del entorno.

VII CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la Tabla 13 se muestran las acciones a realizarse durante los meses de mayo, junio, julio en la cual se puede visualizar cada uno de los pasos que conlleva realizar el desarrollo del controlador difuso.

En los primeros meses se centra más a la parte de investigación en donde se podrá apreciar sobre los temas a relacionarse sobre el controlador y en las cuales se puede registrar. En los meses intermedio es donde se va a centrar en la simulación y pruebas que conlleva el proyecto.

En donde se pueden descartar varios errores y posibles ajustes para tener una mejor visión y definición sobre lo que se aspira a realizar. En los dos últimos meses se inclina más a las comparaciones y definiciones del proyecto.

Tabla 13.

Cronograma De actividades

<i>Actividades</i>	<i>Tiempo de duración</i>												
	<i>Meses</i>	<i>MAYO</i>				<i>JUNIO</i>				<i>JULIO</i>			
	<i>Semanas</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Definición de los objetivos y alcances del proyecto													
Recolección de información sobre LabVIEW y la NI myRIO		X	X										
Investigación sobre las técnicas difusas y técnicas para su aplicación en el control de temperatura				X	X								
Estudios sobre la NI myRIO y el LabVIEW				X	X								
Desarrollo de un modelo preliminar del proceso térmico.					X	X							
Definición de las variables de entrada y salida del controlador difuso						X	X						
Realizar pruebas exhaustivas del controlador difuso en la planta didáctica de control							X	X					
Realizar pruebas entre la eficiencia de los datos que están publicados del PID con el controlador difuso								X	X				
Ajuste final de los parámetros del controlador para										X	X		
Integración del informe final con la metodología													

VIII PRESUPUESTO

En la Tabla 14, se da a conocer el presupuesto financiero usado, sobre las horas de ingeniería que tomadas en cuenta al momento de desarrollar el proyecto.

Tabla 14.

Tabla de Presupuesto

<i>DETALLE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>COSTO</i> <i>UNITARIO</i>	<i>COSTO TOTAL</i>
<i>Horas de ingeniería</i>	40h	\$2,81	\$112,00
<i>TOTAL</i>			\$112,00

Nota. Presupuesto a trabajar para el Proyecto de Tesis.

IX CONCLUSIONES

El proyecto demostró que el control difuso implementado con la MyRio y LabVIEW es altamente eficaz para regular la temperatura en la planta didáctica de control (EPC). Comparado con métodos tradicionales como el PID, el control difuso mostró una mayor adaptabilidad a las variaciones no lineales y condiciones de operación cambiantes.

La flexibilidad del controlador difuso permitió manejar de manera efectiva las complejidades inherentes a los sistemas dinámicos. Esto es crucial para entornos educativos y aplicaciones industriales donde las condiciones de operación pueden variar significativamente.

La integración exitosa entre la MyRio, LabVIEW y la planta EPC facilitó un entorno de aprendizaje interactivo y práctico. Los estudiantes pudieron desarrollar habilidades en el diseño y la implementación de sistemas de control avanzados, preparándolos mejor para desafíos futuros en ingeniería de control.

El proyecto no solo mejoró los sistemas de control de temperatura en la planta didáctica, sino que también sirvió como una herramienta educativa valiosa. Permitted a los estudiantes explorar y comprender mejor los principios de la lógica difusa, promoviendo una formación académica más integral.

X RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar el estudio para incluir otros tipos de procesos controlados por la planta EPC, explorando cómo el control difuso podría aplicarse a diferentes variables de proceso. Esto fortalecerá aún más la comprensión de los estudiantes sobre las capacidades y limitaciones de esta tecnología.

Para validar la efectividad del control difuso en entornos industriales reales, se sugiere realizar pruebas adicionales fuera del entorno didáctico. Esto proporcionaría una visión más completa de su aplicabilidad y rendimiento en condiciones operativas diversas y exigentes.

Considerar la implementación de estrategias de optimización adicionales para mejorar el rendimiento del control difuso. Esto podría incluir técnicas de ajuste automático de parámetros o algoritmos de optimización adaptativos que aseguren un control óptimo y estable en todo momento.

Es crucial documentar detalladamente todos los aspectos del proyecto, incluyendo el diseño del controlador difuso, los resultados experimentales y las lecciones aprendidas. Esta documentación servirá como recurso educativo para futuros estudiantes y profesionales interesados en la implementación de controladores difusos.

Continuar explorando nuevas herramientas y tecnologías en LabVIEW y MyRio que puedan mejorar aún más la funcionalidad y eficiencia del sistema de control difuso. Mantenerse al tanto de las últimas actualizaciones y mejoras en el software y hardware asegurará que el proyecto siga siendo relevante y competitivo.

XI BIBLIOGRAFÍA

- Academico, D. (2019). *Datalings Academico*. medicion y control pid :
<https://www.youtube.com/watch?v=pjph0PmuzOM>
- Azuaje et al. (2018). *Universidad de los Andes*.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507555109004/html/index.html>
- Chemical Processing. (2020). *Temperature Control in the Process Industries*. .
<https://www.chemicalprocessing.com/articles/2020/temperature-control-in-the-process-industries/>
- Control de Temperatura En Procesos Planta Epc . (2022). *Search, s. f.* Search, s. f.:
<https://support.google.com/legal/answer/3463239?hl=es>
- CORP, N. I. (2024). *NATIONAL INSTRUMENTS CORP*. myRIO-1900:
<https://www.ni.com/es-cr/shop/model/myrio-1900.html>
- Direct, S. (2024). *Science Direct*. Non-linear identification of a Peltier cell model using evolutionary multi-objective optimization:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317307152?via%3Dihub>
- Galeas & Rodas. (Septiembre de 2020). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19628>
- Huilcapi, V., Herrero, J. M., Blasco, X., & Martínez Iranzo, M. (2017). Identificación no lineal de un modelo de célula Peltier mediante optimización evolutiva multiobjetivo. *Science Direct*, 50(1), 4450. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.372>
- Manchado & Romero . (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA EL*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9688/1/25T00331.pdf>

MathWorks. (2021). *Introducción a Lógica de Control* . MathWorks:

<https://la.mathworks.com/discovery/control-logic.html>

Mazzone, V. (Marzo de 2002). *Controladores PID*.

<https://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>

MINT. (18 de abril de 2024). *MINT*. <https://mintforpeople.com/formaciones/>

National Instruments. (21 de 02 de 2023). *NI myRIO-1900 User Guide and Specifications*.

<https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/myrio-1900-getting-started/resource/376047d.pdf>

NI LabVIEW. (4 de mayo de 2023). *¿Qué es NI LabVIEW?* .

<https://www.ni.com/es/shop/labview.html#:~:text=LabVIEW%20es%20un%20entorno%20de,interfaces%20de%20usuario%20completamente%20integradas.>

Novatronic. (2024). *Novatronic*. Fuente de poder de 12v:

<https://novatronic.ec.com/index.php/product/fuente-conmutada-12v-10a/>

Palomino et al., (09 de Septiembre de 2015). *Sistema difuso para la detección automática de estilos de aprendizaje en ambientes de formación web*.

<https://www.redalyc.org/journal/145/14547610006/html/>

Quimbita, E. (2021). *Implementación de controladores difusos*.

https://www.tutorialspoint.com/fuzzy_logic/fuzzy_logic_control_systems.htm

ResearchGate. (2023). *ResearchGate*. Control difuso:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Control-PID-Difuso-programacion-en-LabVIEW-Fuente-Autoria-propia_fig2_343151536

Romero Duarte, D., & Unamuno Farfán, B. (2020). *Diseño e Implementación del algoritmo de control para un robot explorador con tecnología Pitsco Tetrix y myRio*. Repositorio

- UPS: https://dspace.ups.edu.ec/simple-search?query=ni+myrio+1900&location=%2F&rpp=10&sort_by=score&order=desc
- Roodshop. (2020). *roodshop*. myRIO: <https://shop.cnrood.com/782692-01>
- Texas Instruments. (2019). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*.
<https://www.ti.com/product/LM35>
- Tumbaco, C., Castro, Á. J., & Roberto, V. P. (febrero de 2020). *Diseño e implementación de una planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio para el laboratorio de automatización industrial*. Repositorio UPS:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13455/1/UPS-GT001786.pdf>
- Universidad Autónoma del Perú . (2020). *Universidad Autonoma del Perú*. Qué importancia tienen los sistemas de control en la industria?:
<https://www.autonoma.pe/blog/importancia-sistemas-control-industria/>
- Vasco, U. e. (2019). *Universidad* . myRIO 1900: <https://www.ehu.es/es/web/tutorial-myrio/datasheet>
- Azuaje et al. (2018). *Universidad de los Andes*. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507555109004/html/index.html>
- Carlo, T. c. (febrero de 2020). *universidad politecnica salesiana*. Obtenido de ups tesis :
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13455/1/UPS-GT001786.pdf>
- Chemical Processing. (2020). *Temperature Control in the Process Industries*. . Obtenido de
<https://www.chemicalprocessing.com/articles/2020/temperature-control-in-the-process-industries/>

XII. ANEXOS

		PRACTICA #1	<i>Página 72 de 30</i>
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

12.1 TÍTULO: Configuración de datos digitales para el Control on/off de la entrenadora de procesos.

A. OBJETIVO GENERAL

Con Configurar y aplicar datos digitales para el control on/off de la entrenadora de procesos, asegurando el manejo eficiente y seguro de los sistemas automatizados, y permitiendo la monitorización y ajuste preciso de los parámetros operativos en tiempo real para optimizar el rendimiento del proceso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Creación del proyecto
- Configuración de datos digitales
- Envío de datos digitales para control manual de la planta EPC

c. MARCO TEÓRICO

ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO

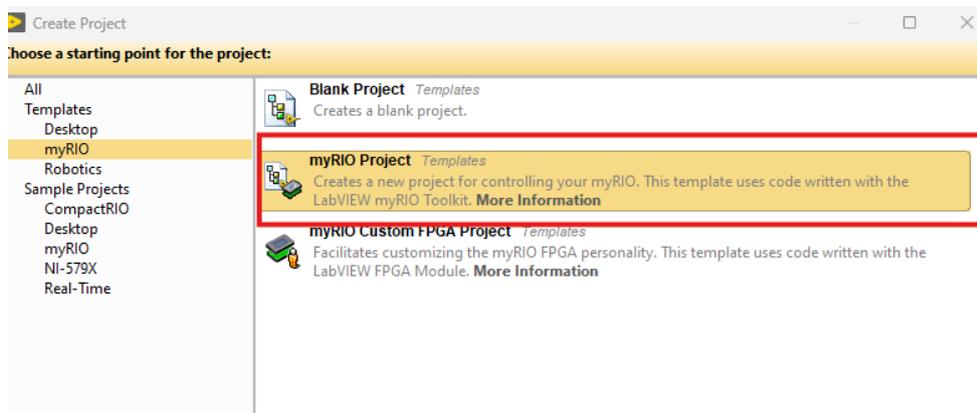
Paso 1. Creación del proyecto en el software de LabView

En la ventana que se visualiza en la figura 56 dar clic en **Create New Project**

En la ventana de creación del proyecto en donde se muestra en la figura seleccionar la sección de **myRIO** y siguiente **myRIO Project**.

Figura 56.

Ventana de LabVIEW



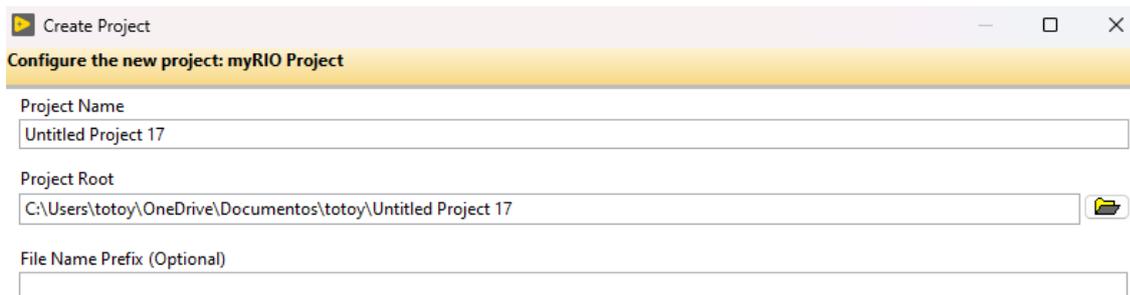
Nota. Creación del proyecto de myRIO en LabVIEW

Paso 2. Verificar la ruta en donde se desea guardar el proyecto.

Seleccionar el Nombre del proyecto como se va a llamar tu proyecto y a qué tipo de directorio desea guardar el proyecto como se muestra en la figura 57.

Figura 57.

Configuración de nuevo proyecto.



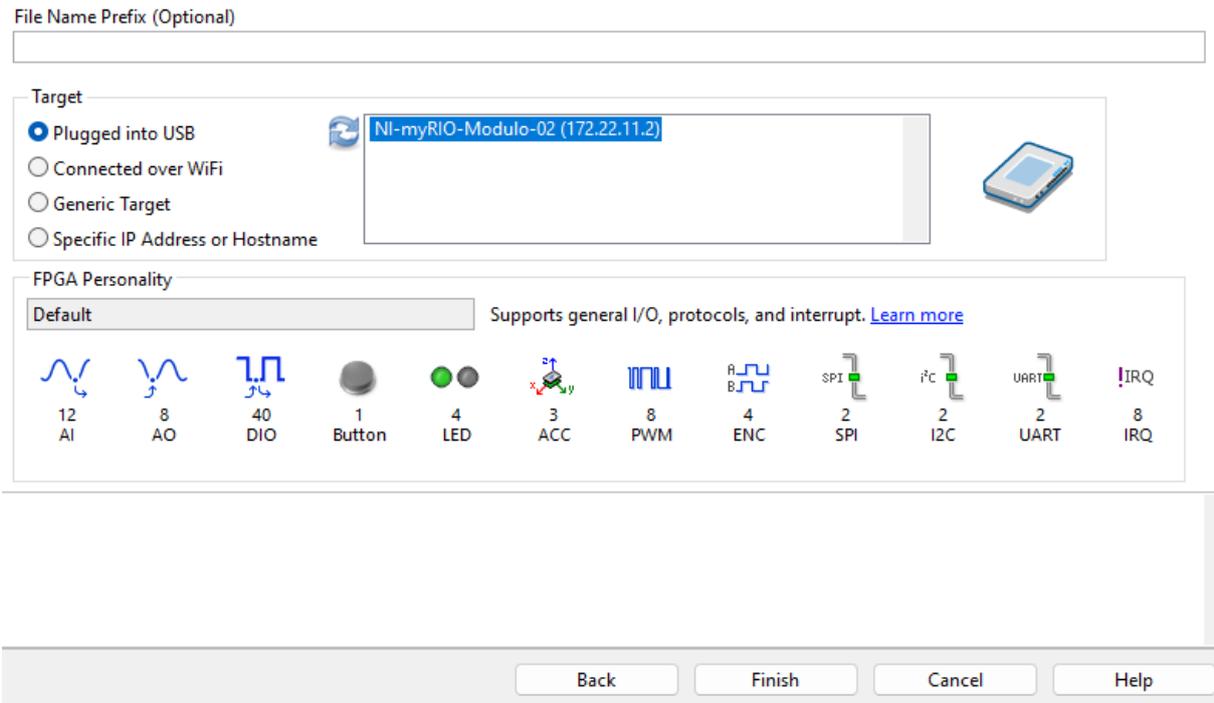
Nota. ventana de la nueva configuración del proyecto con la myRIO

Paso 3. Verificación de la conexión y tipo de método a la tarjeta

Como se verifica en la figura 58 se muestra la configuración para la conexión del aplaca seleccionando la opción Plugged into USB y dar finalizar.

Figura 58.

Etiquetado de la myRIO



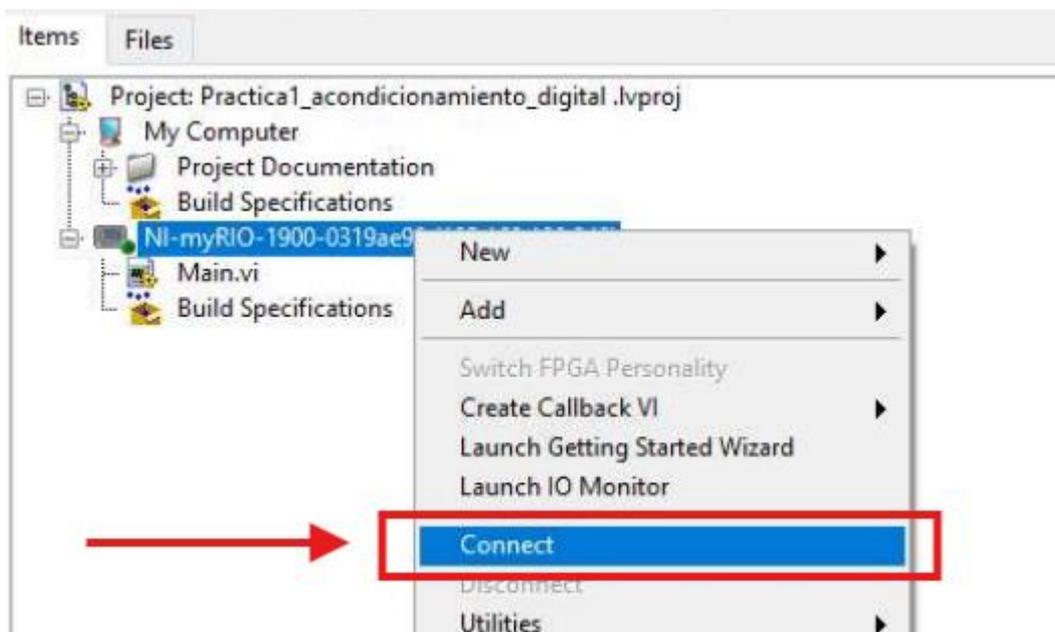
Nota. Elección de la forma en la que se va a vincular la myRIO el cual sería enchufado al USB

Paso 4. Conexión de la tarjeta de NI myRIO con el proyecto

Una vez realizado la conectividad del proyecto con la tarjeta como se muestra en la figura 59

Figura 59.

Elementos de la myRIO



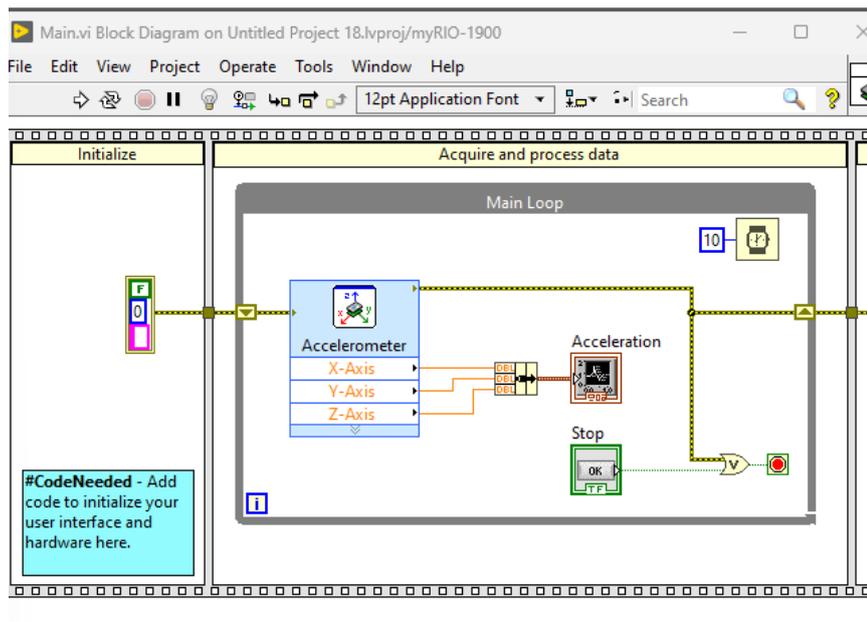
Nota. ventana de como se conecta y tener comunicación con la NI-myRIO

Paso 5. Pantalla principal

Como se muestra en la figura 60 donde se muestra la ventana de interfaz de usuario, en la cual se va a realizar la programación y en donde se creará los diferentes tipos de bloques que se necesiten para el control.

Figura 60.

Programación del acelerómetro



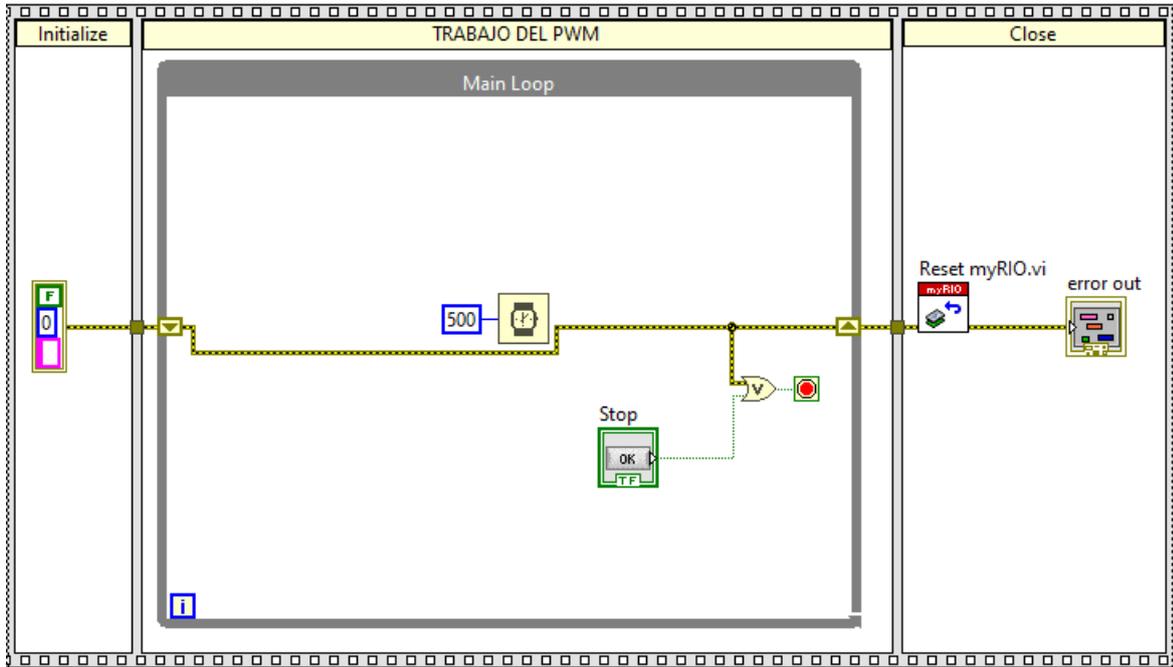
Nota. Programación por defecto, la cual la myRIO abre al iniciar con la myRIO

Paso 6. Desarrollo del programa

Se suprimen los bloques que se crean por default en el bloque de diagrama y solamente se recomienda quedar con los bloques de stop. Inicio y reset de la ni myRIO, como se muestra en la figura 61.

Figura 61.

Bloques y Variables



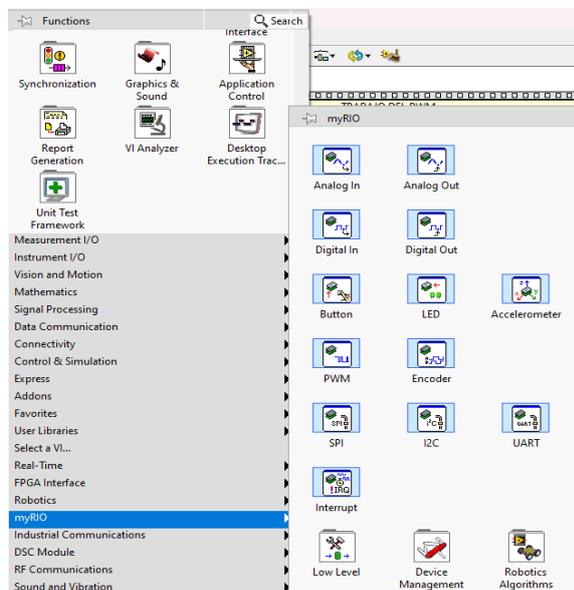
nota. Bloques y Variables de lo que se tiene que dejar en la myRIO para continuar con la programación

Paso7. Creación de los bloques de las señales digitales

Se da clic derecho en la parte de myRIO y sale las entradas y salidas de la ni myRIO, la que se va a usar en esta práctica es la digital out como se muestra en la figura 62.

Figura 62.

Ventana de las configuraciones



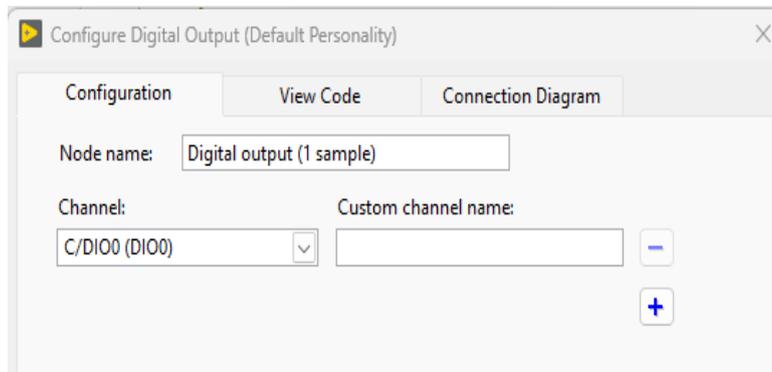
Nota. Ventanas de los elementos de la myRIO.

Paso 8. Configuración del bloque de Digital out.

Como se muestra en la figura 63, se selecciona el puerto que se va a usar y verificando los puertos de la NI myRIO.

Figura 63.

Configuración digital



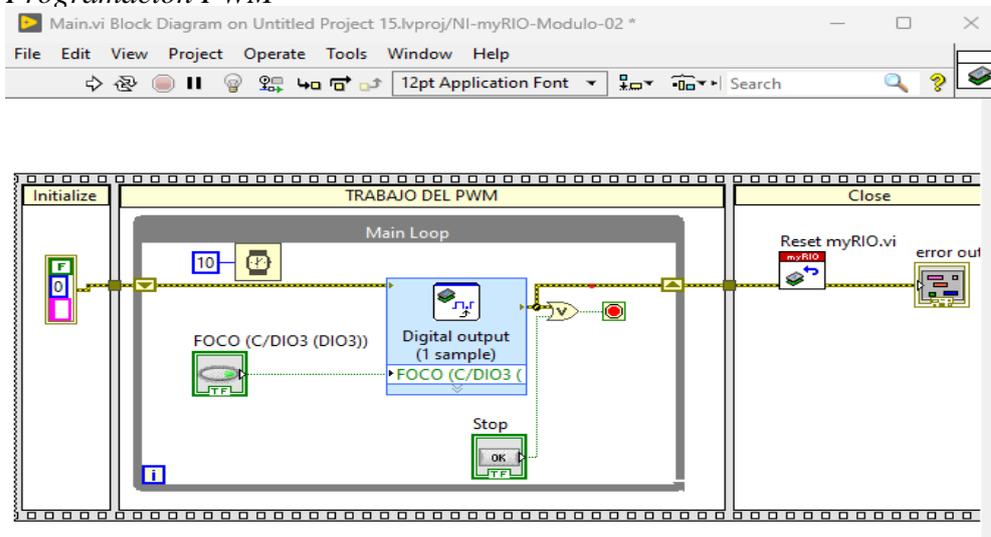
Nota. Ventana de las configuraciones de la salida digital

Paso 9. Conexión de los bloques

Se conecta los errores de extremo a extremo, conectando el bloque de digital out, colocándole un control al bloque para poder realizar el encendido y apagado de la practica como se muestra en la figura 64.

Figura 64.

Programación PWM



Nota. Programación del bloque de la salida digital y sus variables

CONCLUSIONES:

- Mediante esta práctica se pudo visualizar y aprender la configuración de la tarjeta NI myRIO de datos digitales como lo que son entradas o salidas y configurando el programa de LabVIEW.
- Se pudo entender de mejor manera el funcionamiento de los nodos de error y el funcionamiento de la planta de control

RECOMENDACIONES:

- Mantener las conexiones seguras, al momento de realizar la simulación
- Tener en cuenta que esté conectado el cable USB, para que la tarjeta reciba la información que se le está enviando.

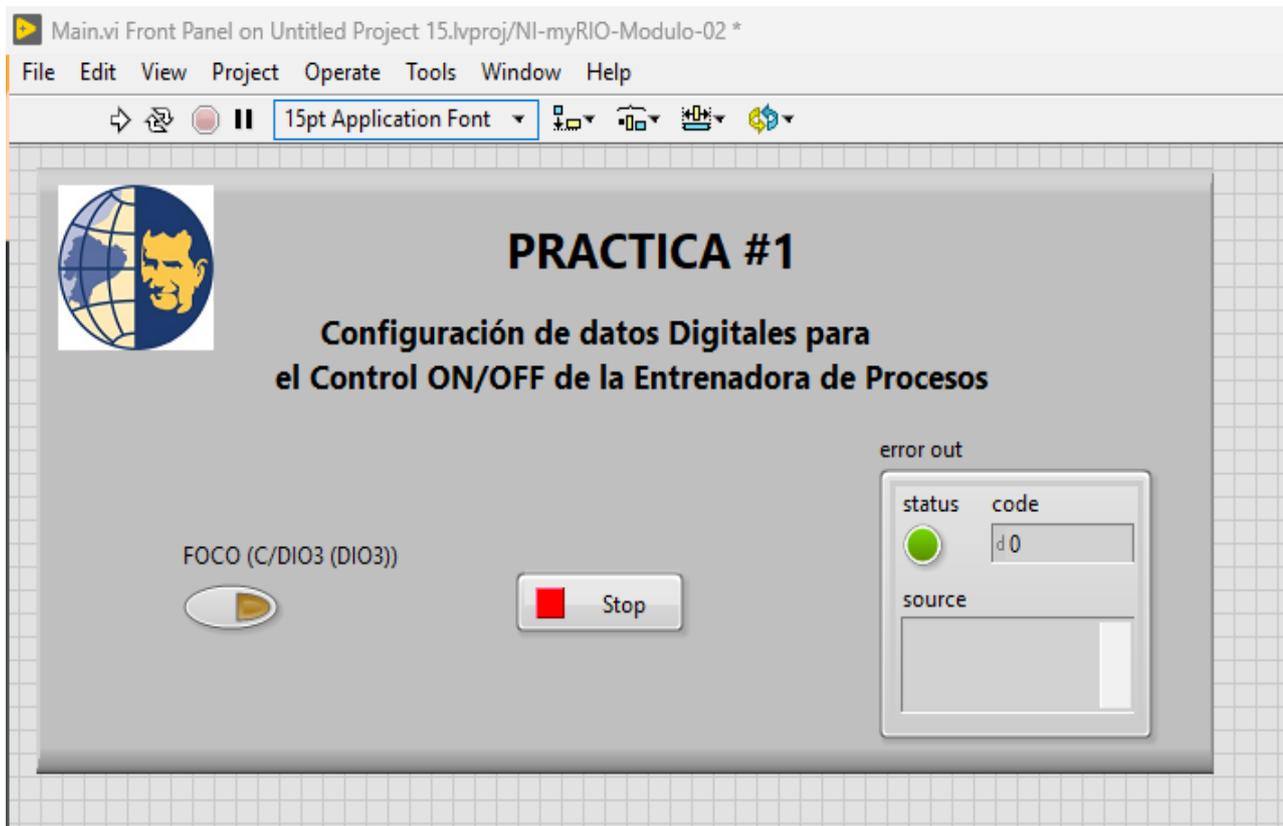
RESULTADOS:

En esta práctica, se logró configurar exitosamente un proyecto en el software LabVIEW para el control on/off de la planta EPC utilizando la tarjeta NI myRIO. Durante el proceso, se estableció una conexión efectiva entre el software y el hardware, configurando adecuadamente los bloques de entradas y salidas digitales. Se desarrolló un programa básico que permitió el control manual de la planta, validando que los comandos enviados desde LabVIEW se ejecutaran correctamente en la tarjeta NI myRIO. La respuesta de la planta al control digital demostró que la configuración realizada fue precisa y funcional.

Además, se comprendió el manejo de los nodos de error en LabVIEW, lo que aseguró una operación estable del programa. La práctica no solo facilitó el entendimiento de la configuración de datos digitales, sino que también permitió observar el comportamiento real del sistema bajo control, lo cual es esencial para la automatización de procesos industriales. Estos resultados confirman el éxito en la implementación del control on/off mediante datos digitales y la integración eficiente entre software y hardware, figura 65.

Figura 65.

Panel Frontal de la Práctica 1



Elaborado por: Wellington Iván Totoy Guilca Moises David Velez Rodriguez	Revisado por: Ing. Geovanny Garcia	Aprobado por: Ing. Geovanny Garcia
Fecha de Elaboración 22/08/2024	Fecha de Revisión 22/08/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		PRACTICA #2	<i>Página 80 de 30</i>
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

12.2 TÍTULO: Configuración y comunicación básica con la tarjeta NI myRIO

OBJETIVOS:

- Conexión a la fuente de alimentación
- Configuración de datos digitales
- Envío de datos digitales para control manual de la planta EPC

INSTRUCCIONES: 1. Conectar la fuente de alimentos de 110 VAC a 12 VDC.

2. Conectarse a la red inalámbrica vía USB del NI myRio.

3. Realizar las conexiones correctamente según los pasos detallados.

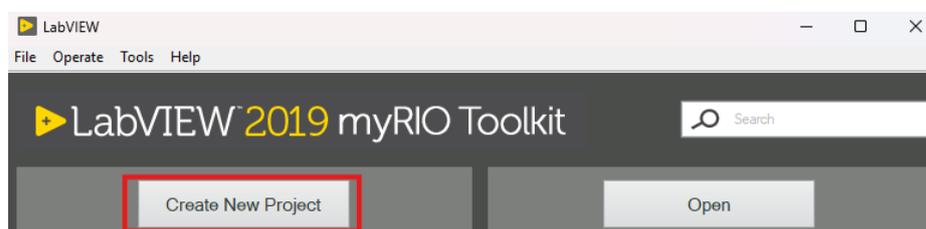
ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO

Paso 1. Creación del proyecto en el software de LabView

En la ventana que se visualiza en la siguiente figura dar clic en Create New Project, figura 66.

Figura 66.

Ventana principal de LabView

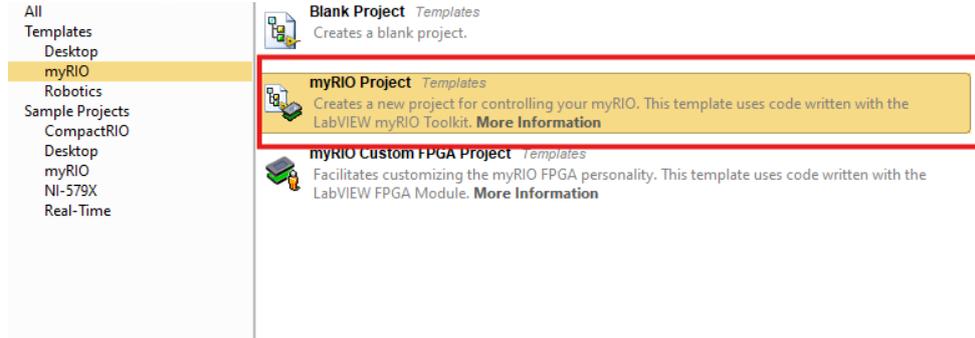


Nota. Ventana principal para la nueva creación del proyecto

En la ventana de creación del proyecto en donde se muestra en la Figura 67 seleccionar la sección de myRIO y siguiente myRIO Project.

Figura 67.

Ventana en Labview



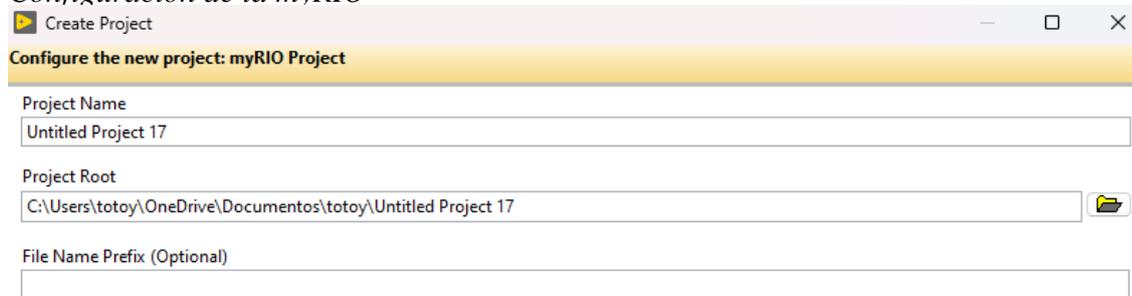
Nota. Ventana de la creación de myRIO Project

Paso 2. Verificar la ruta en donde se desea guardar el proyecto.

Seleccionar el Nombre del proyecto como se va a llamar tu proyecto y a qué tipo de directorio desea guardar el proyecto como se muestra en la figura 68.

Figura 68.

Configuración de la myRIO



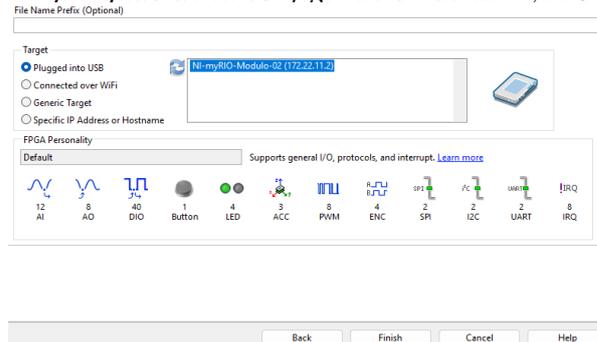
Nota. Configuración para el nuevo proyecto de la myRIO

Paso 3. Verificación de la conexión y tipo de método a la tarjeta

Como se verifica en la figura 69 se muestra la configuración para la conexión del aplaca seleccionando la opción Plugged into USB y dar finalizar.

Figura 69.

Etiquetado de la configuración de la myRIO



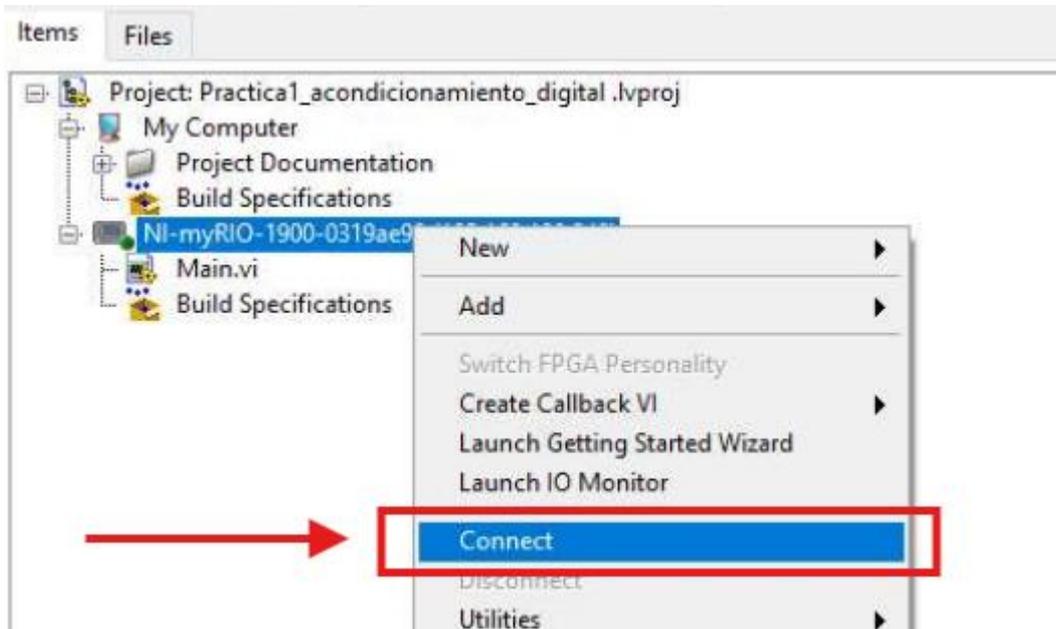
Nota. Configuración del etiquetado de la vinculación de USB en la myRIO

Paso 4. Conexión de la tarjeta de NI myRIO con el proyecto

Una vez realizado la conectividad del proyecto con la tarjeta como se muestra en la figura 70.

Figura 70.

Elementos de la myRIO



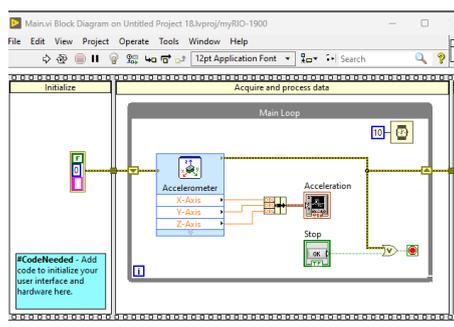
Nota. ventana de como conectar con la myRIO y halla comunicación

Paso 5. Pantalla principal

Como se muestra en la figura 71 donde se muestra la ventana de interfaz de usuario, en la cual se va a realizar la programación y en donde se creará los diferentes tipos de bloques que se necesiten para el control.

Figura 71.

Programación del acelerómetro



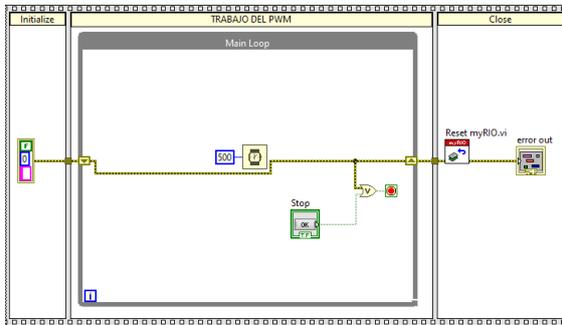
Nota. Programación por defecto, la cual la myRIO abre al iniciar con la myRIO

Paso 6. Desarrollo del programa

Se suprimen los bloques que se crean por default en el bloque de diagrama y solamente se recomienda quedar con los bloques de stop. Inicio y reset de la ni myRIO, como se muestra en la imagen 72.

Figura 72.

Bloques y Variables



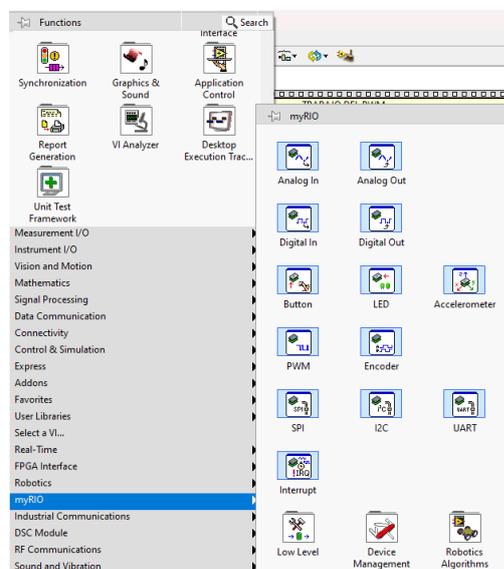
Nota. Programación del bloque de la salida digital y sus variables

Paso7. Creación de los bloques de las señales digitales

Se da clic derecho en la parte de myRIO y sale las entradas y salidas de la ni myRIO, la que se va a usar en esta práctica es la digital out como se muestra en la figura 73.

Figura 73.

Ventana de las configuraciones



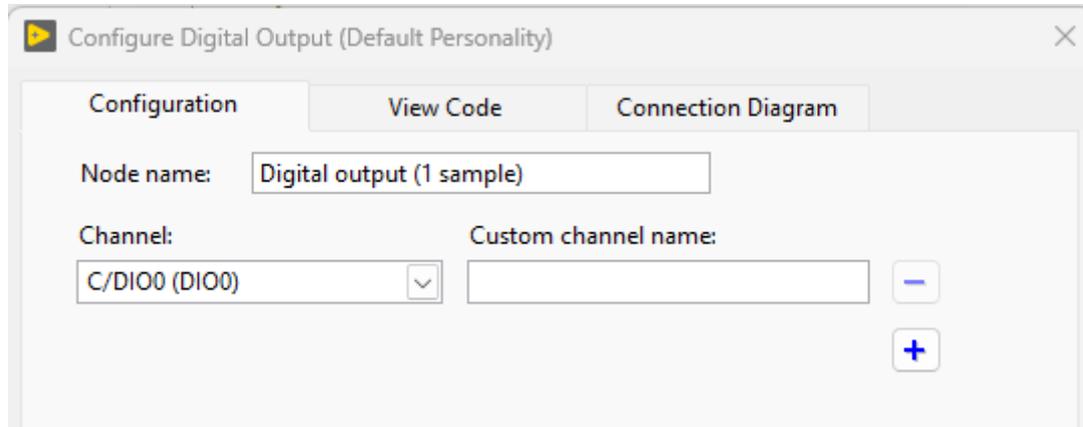
Nota. Ventanas de los elementos de la myRIO.

Paso 8. Configuración del bloque de Digital out.

Como se muestra en la figura 74, se selecciona el puerto que se valla a usar y verificando los puertos de la NI myRIO

Figura 74.

Configuración Salida Digital



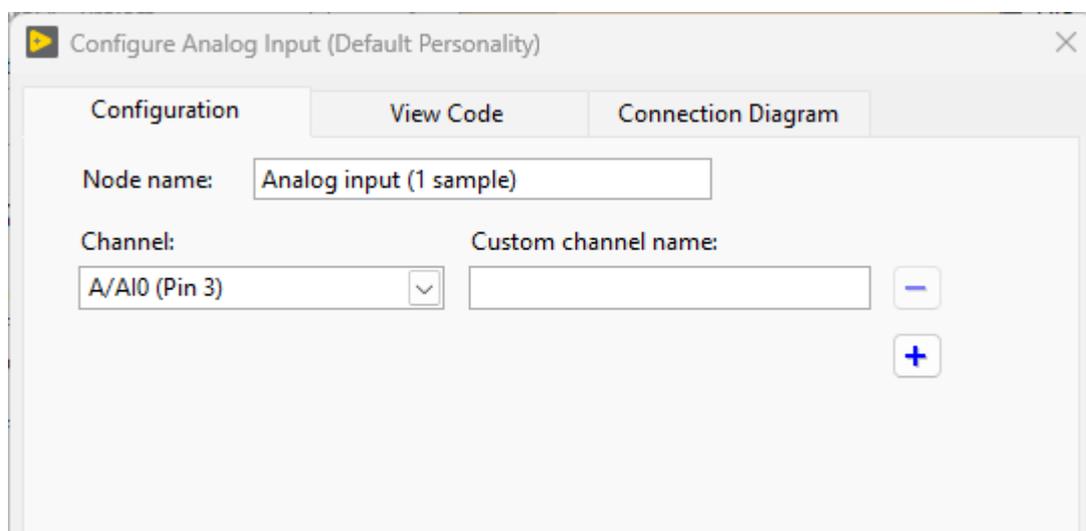
Nota. Configuración de la salida digital

Paso 9. Configuración del bloque de la entrada analógica

Se configura a la entrada analógica el puerto del sensor Lm35 para tener comunicación con la tarjeta y el sensor como se muestra en la figura 75.

Figura 75.

Configuración de la entrada Analógica



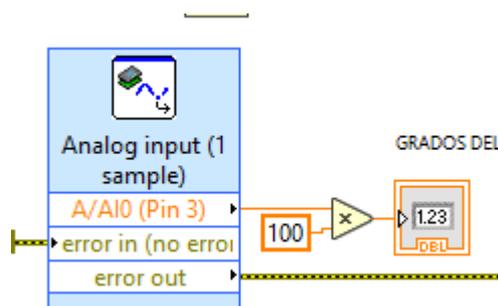
Nota. Configuración de la entrada Analógica

Paso 10. Conversión de datos a grados Celsius

Después de realizar las conexiones adecuadas con cada uno de los bloques, se realiza la conversión de la entrada del sensor LM35 de un dato voltaje grados Celsius del sensor de la EPC y la conversión es x100 ya que así, tener el valor de grados Celsius como se muestra en la figura 76.

Figura 76.

Configuración del Bloque de la Salida Analógica



Nota. Configuración del Bloque de la Salida Analógica

CONCLUSIONES:

- Con las conexiones establecidas y los controles correctos se pudo identificar los manejos correctos la tarjeta
- Se visualizo el funcionamiento del sensor con diferentes temperaturas

RECOMENDACIONES:

- Mantener las conexiones seguras, al momento de realizar la simulación
- Tener en cuenta que esté conectado el cable USB, para que la tarjeta reciba la información que se le está enviando.

RESULTADOS

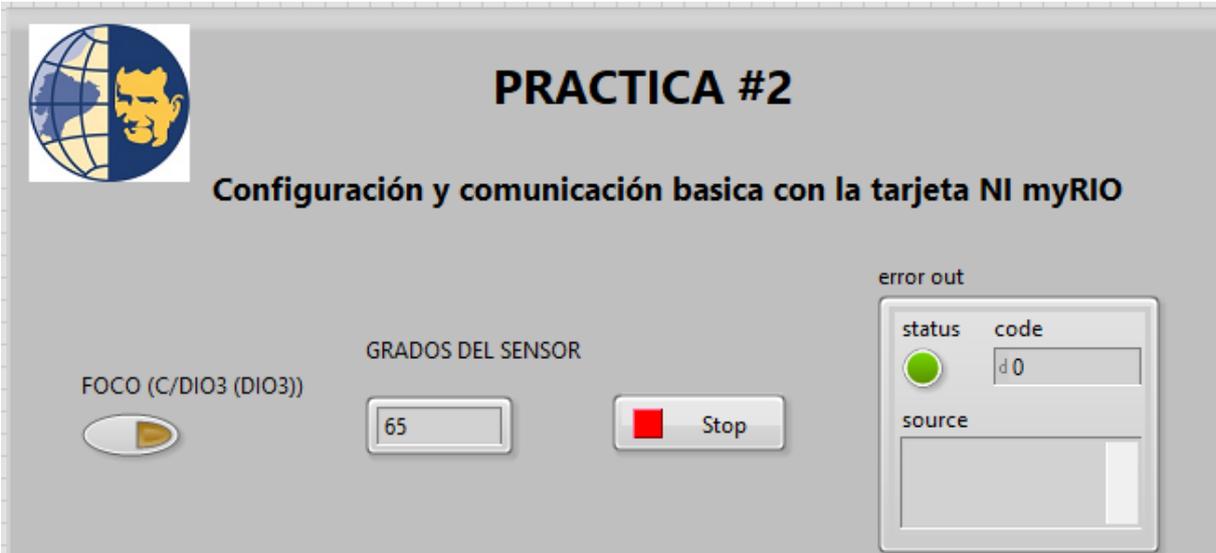
En esta práctica, se estableció una conexión eficiente entre la tarjeta NI myRIO y el software LabVIEW, permitiendo el control manual de la planta EPC a través de datos digitales. La configuración de los bloques de "Digital Out" y la correcta vinculación con el sensor LM35 para la entrada analógica se llevaron a cabo con éxito. A través de la conversión

de los datos de voltaje a grados Celsius, fue posible monitorear en tiempo real las variaciones de temperatura detectadas por el sensor, validando así la precisión del sistema y la efectividad de la comunicación entre el hardware y el software.

Los resultados mostraron que la tarjeta NI myRIO respondió adecuadamente a los comandos de control, y el sensor LM35 proporcionó lecturas precisas de temperatura tras la conversión de los datos. La interacción entre los distintos componentes del sistema confirmó la funcionalidad y confiabilidad de la configuración realizada, permitiendo el manejo y supervisión efectiva de las variables de proceso, en este caso, la temperatura, lo que es crucial para el control de sistemas en tiempo real en aplicaciones industriales, figura 77.

Figura 77.

Panel Frontal de la Practica 2



<p>Elaborado por: Wellington Iván Totoy Guilca Moises David Velez Rodriguez</p>	<p>Revisado por: Ing. Geovanny Garcia</p>	<p>Aprobado por: Ing. Geovanny Garcia</p>
<p>Fecha de Elaboración 22/08/2024</p>	<p>Fecha de Revisión 22/08/2024</p>	<p>Número de Resolución Consejo de Carrera:</p>

		PRACTICA #3	<i>Página 87 de 30</i>
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

12.3 TÍTULO: Configuración y comunicación básica con la tarjeta NI myRIO

Objetivo General:

Desarrollar e implementar un sistema de control difuso para una planta de control físico (EPC) utilizando la tarjeta NI myRIO, con el fin de comprender los principios básicos del control difuso y evaluar su desempeño en el manejo de sistemas de control en tiempo real.

OBJETIVOS:

- Comprender los principios básicos del control difuso
- Desarrollar un sistema de control difuso para una planta de control físico (EPC).
- Implementar y probar el controlador difuso utilizando la tarjeta NI myRIO.

Introducción al Control Difuso:

- Revisar los conceptos teóricos sobre sistemas de control difuso, incluyendo la lógica difusa, funciones de membresía, reglas difusas, y el proceso de inferencia difusa.

Conexión de la Fuente de Alimentación:

- Conectar la fuente de alimentación de 110 VAC a 12 VDC para energizar la tarjeta NI myRIO y cualquier equipo auxiliar necesario.

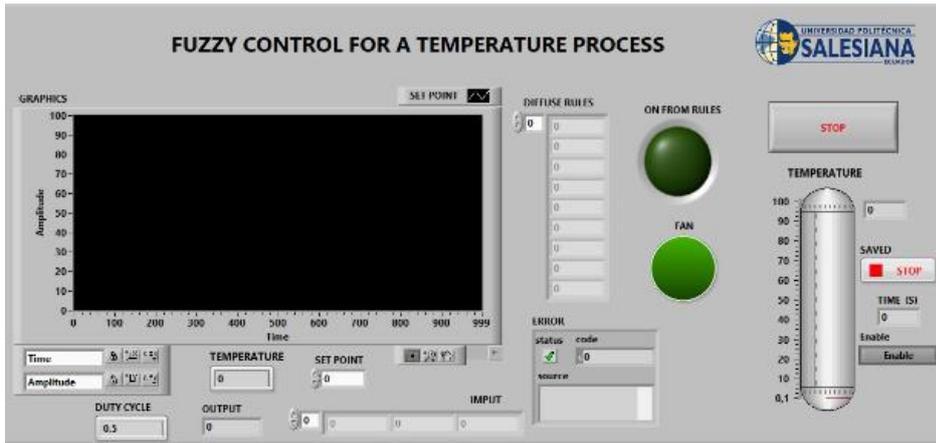
• Configuración de la Red y Conexiones Iniciales:

- Establecer la conexión con la tarjeta NI myRIO a través de USB o red inalámbrica.

- Asegurarse de que la comunicación entre el NI myRIO y el software de programación (LabVIEW) esté funcionando correctamente.
- Diseño del Controlador Difuso:
 - Utilizando LabVIEW, diseñar un controlador difuso que gestione las entradas analógicas de la planta EPC.
 - Definir las variables de entrada (por ejemplo, error y cambio de error) y las variables de salida (control de la planta).
 - Configurar las funciones de membresía para cada variable y establecer las reglas de inferencia difusa que definirán el comportamiento del controlador.
- Implementación del Controlador Difuso en NI myRIO:
 - Programar el controlador difuso en LabVIEW y cargarlo en la tarjeta NI myRIO.
 - Realizar las conexiones necesarias entre el NI myRIO y la planta EPC para que el sistema pueda leer las entradas analógicas y aplicar las señales de control basadas en la salida difusa, figura 78.
- Prueba y Validación del Controlador:

Figura 78.

Panel Frontal del Fuzzy control a temperatura



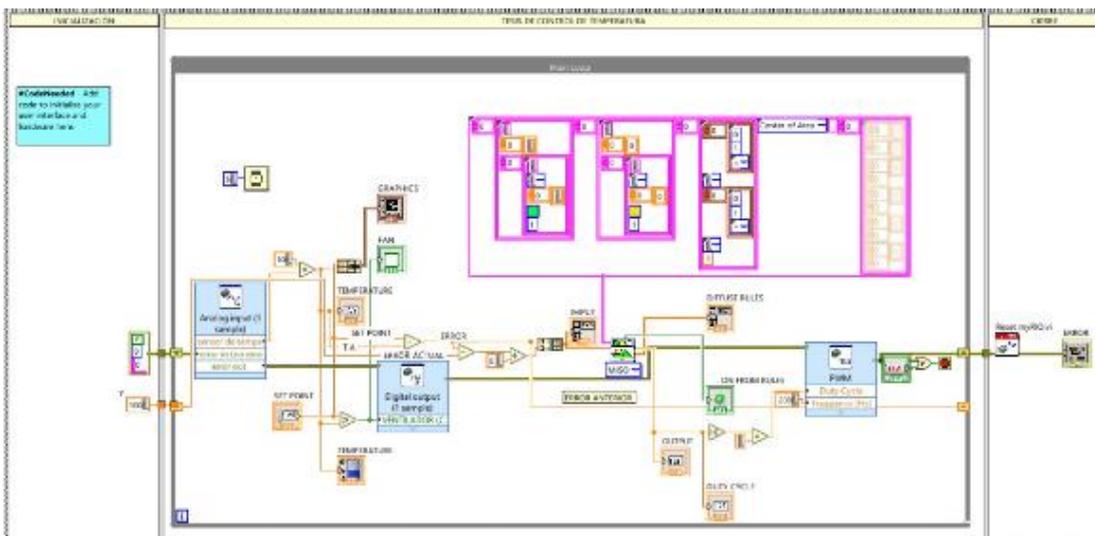
Nota. ventana de la gráfica general de control difuso de temperatura

- Probar el sistema de control difuso implementado en la planta EPC.
- Evaluar el desempeño del controlador en términos de estabilidad, precisión y respuesta a cambios en la planta.
- Realizar ajustes en las reglas difusas o funciones de membresía según sea necesario para mejorar el rendimiento del sistema.
- Documentación de Resultados:
 - Registrar los resultados de las pruebas, incluyendo gráficos de las respuestas del sistema y análisis del desempeño del controlador difuso.
 - Comparar el desempeño del controlador difuso con otros tipos de controladores (como PID) para resaltar las ventajas y limitaciones del control difuso, figura 79.

ANEXO

Figura 79.

programación general del control difuso



Nota. Ventana de los bloques y variables de la programación general del control difuso.

<p>Elaborado por: Wellington Iván Totoy Guilca Moises David Velez Rodriguez</p>	<p>Revisado por: Ing. Geovanny Garcia</p>	<p>Aprobado por: Ing. Geovanny Garcia</p>
<p>Fecha de Elaboración 22/08/2024</p>	<p>Fecha de Revisión 22/08/2024</p>	<p>Número de Resolución Consejo de Carrera:</p>

Guayaquil, 26 de agosto del 2024

Ing. Orlando Barcia, Msc.

Director de Carrera de Electrónica y Automatización.

De mis consideraciones:

Yo, Geovanny García Flor, portador de la cédula de ciudadanía No. 0922357702 tutor de trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DIFUSO PARA UN PROCESO DE TEMPERATURA EN UNA PLANTA DIDÁCTICA DE CONTROL (EPC) MEDIANTE LabVIEW”**, informo la calificación al Trabajo de Titulación de los estudiantes de la Malla Ajuste: WELLINGTON IVÁN TOTOY GUILCA y MOISÉS DAVID VÉLEZ RODRÍGUEZ.

CrITERIO	Descripción del criterio	Puntaje	Observaciones
Planteamiento e identificación del problema	Se muestra la importancia del problema y la contribución que se quiere alcanzar con el Proyecto técnico.	15	
Revisión del marco teórico y fuentes de información	Este criterio establece la relación entre la revisión literaria y el problema a abordar en el Proyecto técnico, así como el adecuado nivel de exhaustividad en la revisión de las fuentes de información.	15	
Contenido Metodológico	Se establecen con claridad y de manera estructurada las distintas fases, uso de métodos, herramientas, diseños, recursos, materiales, etc, para el desarrollo del Proyecto técnico y la propuesta de solución.	20	
Funcionalidad	Permite evaluar el nivel de funcionalidad del trabajo desarrollado, tomando en cuenta los objetivos del mismo.	30	
Presentación de Resultados	Se expresan o presentan los resultados alcanzados en el desarrollo del proyecto técnico y cómo se relacionan con el cumplimiento de los objetivos, el impacto y la innovación.	15	
Conclusiones Recomendaciones	Este criterio establece la claridad con que el autor expone su posición y sus ideas respecto a las conclusiones y recomendaciones expresadas.	5	
PUNTAJE FINAL:		100	

Por la atención que se sirva dar a la presente, quedo de usted muy agradecido.

Atentamente,

Ing. Geovanny García Flor.

Docente Tutor.

