



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PID DE TEMPERATURA EN UN
PROTOTIPO DE HORNO INDUSTRIAL”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero(a) en Electrónica

AUTOR: EUGENIO RAMIREZ HEIDY LISSETH

MARCILLO MACANCELA GEORGE HENRY

TUTOR: VICENTE PEÑARANDA IDROVO

Guayaquil - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Heidy Lisseth Eugenio Ramirez con documento de identificación N° 0930508148 y George Henry Marcillo Macancela con documento de identificación N° 0942089517 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizado 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, 31 de enero del año 2025

Atentamente,



Heidy Lisseth Eugenio Ramirez
0930508148



George Henry Marcillo Macancela
0942089517

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

Nosotros, Heidy Lisseth Eugenio Ramirez con documento de identificación No. 0930508148 y George Henry Marcillo Macancela con documento de identificación No. 0942089517, 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 Trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PID DE TEMPERATURA EN UN PROTOTIPO DE HORNO INDUSTRIAL, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: ING. ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, 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, 25 de febrero del año 2025

Atentamente,



Heidy Lisseth Eugenio Ramirez
0930508148



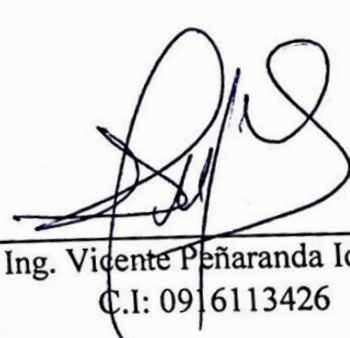
George Henry Marcillo Macancela
0942089517

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Vicente Peñaranda Idrovo con documento de identificación N° 0916113426, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PID DE TEMPERATURA EN UN PROTOTIPO DE HORNO INDUSTRIAL realizado por Heidy Lisseth Eugenio Ramirez con documento de identificación No. 0930508148 y por George Henry Marcillo Macancela con documento de identificación No. 0942089517, 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, 20 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ing. Vicente Peñaranda Idrovo
C.I: 0916113426

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y determinación necesarias para avanzar en este desafiante camino, a mi familia por ser mi pilar fundamental. Su amor, paciencia y aliento incondicional me han dado la fuerza para seguir adelante en los momentos más desafiantes.

A mi pareja, quien con su compañía y palabras de aliento hicieron que este proceso fuera más llevadero. Gracias por los momentos de apoyo y también por las pausas necesarias para despejar la mente. A mis amigos que, de una u otra manera, han dejado su huella en este proceso. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada enseñanza han contribuido a que este proyecto Y, finalmente, mis profesores, por compartir su conocimiento.

Heidy Eugenio R.

Le doy gracias a Dios por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante en este difícil camino, a mis padres por sus palabras de aliento y sabios consejos que me orientaron en la mejor dirección, a mis compañeros por su apoyo incondicional en cada momento que lo requerí, y a los docentes que, a través de sus enseñanzas, contribuyeron a formar mi criterio profesional.

George Marcillo M.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Christian Eugenio y Silvia Ramirez, cuyo esfuerzo y dedicación hicieron posible que alcanzara esta meta. A mis abuelos Manuel Eugenio y Maria Gonzabay, fuente constante de inspiración y motivación para seguir adelante cada día. A mi Pareja Krystel Parrales, quien estuvo a mi lado durante las largas jornadas de estudio que, con sus consejos y palabras de aliento, me impulsaron a perseverar sin rendirme. Y amigos, por su apoyo y consejos que brindaban fortaleza para seguir adelante.

Heidy Eugenio R.

Dedico este trabajo a mis padres Jorge Marcillo y Laura Macancela, quienes con su esfuerzo y dedicación me apoyaron para alcanzar esta meta, a mis profesores, que estuvieron a mi lado durante mis largas jornadas de estudio y a todas las personas que, con sus consejos y palabras de aliento, me impulsaron a continuar y no rendirme.

George Marcillo M.

Resumen

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN
2025	HEIDY LISSETH EUGENIO RAMIREZ GEORGE HENRY MARCILLO MACANCELA	MSC. VICENTE PEÑARANDA	“IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PID DE TEMPERATURA EN UN PROTOTIPO DE HORNO INDUSTRIAL”

El proyecto se enfoca en la implementación de un sistema de control PID en hornos industriales para mejorar la regulación de la temperatura, destacando sus beneficios económicos y operativos. Actualmente, muchos hornos utilizan sistemas obsoletos que generan fluctuaciones de temperatura, afectando la calidad del producto y aumentando el consumo energético. El proyecto, que se desarrolló en un laboratorio de automatización industrial en un plazo de seis meses, busca modernizar estos sistemas mediante el uso de controladores PID. Los objetivos incluyen diseñar la programación en un PLC con TIA Portal, crear una interfaz gráfica en HMI y construir un prototipo funcional. El proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de control PID en hornos industriales para la regulación de la temperatura, lo cual es fundamental para tener buena calidad del producto y reducir el consumo energético. El control PID ofrece una solución eficiente, reduciendo las fluctuaciones térmicas y mejorando tanto el desempeño operativo como la eficiencia energética del proceso industrial. El proyecto, que se desarrolló en un laboratorio de automatización industrial en un plazo de seis meses, busca modernizar estos sistemas mediante el uso de controladores PID.

El control PID se implementó en un prototipo de horno industrial utilizando un sensor PT100 para medir la temperatura y un módulo TIA Portal para diseñar y programar el controlador. Las pruebas experimentales realizadas en el prototipo muestran mejoras en el tiempo de establecimiento y una reducción del consumo energético, ajustando automáticamente la potencia del calefactor sin generar ciclos de sobrecalentamiento. Además, se destaca la importancia de contar con sensores y se identifican los desafíos técnicos al integrar el controlador PID con los sistemas de calefacción y automatización. Este proyecto no solo busca modernizar los hornos industriales, sino también formar a los estudiantes en tecnologías clave para la industria.

Palabras claves: Control PID, Sensor PT100, TIA Portal

Abstract

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2025	HEIDY LISSETH EUGENIO RAMIREZ GEORGE HENRY MARCILLO MACANCELA	MSC VICENTE PEÑARANDA	“IMPLEMENTATION OF TEMPERATURE PID CONTROL IN AN INDUSTRIAL OVEN PROTOTYPE”

The project focuses on the implementation of a PID control system in industrial ovens to improve temperature regulation, highlighting its economic and operational benefits. Currently, many ovens use obsolete systems that generate temperature fluctuations, affecting product quality and increasing energy consumption. The project, which will be developed in an industrial automation laboratory within a period of six months, seeks to modernize these systems through the use of PID controllers. The objectives include designing the programming in a PLC with TIA Portal, creating a graphical interface in HMI and building a functional prototype. The project aims to implement a PID control system in industrial ovens to improve temperature regulation, which is essential to improve product quality and reduce energy consumption. PID control offers a modern and efficient solution, reducing thermal fluctuations and improving both the operational performance and energy efficiency of the industrial process. The project, which will be developed in an industrial automation laboratory within a period of six months, seeks to modernize these systems through the use of PID controllers. PID control will be implemented in an industrial oven prototype using a PT100 sensor to measure temperature and a TIA Portal module to design and program the controller. Experimental tests performed on the prototype show improvements in settling time and a reduction in energy consumption, automatically adjusting the heater power without generating overheating cycles. In addition, the importance of having sensors is highlighted and the technical challenges when integrating the PID controller with heating and automation systems are identified. This project not only seeks to modernize industrial ovens, but also to train students in key technologies for the industry.

Keywords: PID control, PT100 sensor, TIA Portal

Índice de Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....I	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....II	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓNIII	III
Agradecimiento..... IV	IV
Dedicatoria..... V	V
Resumen VI	VI
Abstract..... VII	VII
Índice de Figuras X	X
Índice de TablasXII	XII
1. INTRODUCCIÓN.....1	1
1.1. PROBLEMA.....2	2
1.1.1. Antecedentes.....2	2
1.1.2. Importancia y alcances5	5
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA5	5
1.2.1. Temporal.....5	5
1.2.2. Geográfica.....5	5
1.2.3. Académica.....5	5
1.3. OBJETIVOS.....6	6
1.3.1. Objetivo General.....6	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....6	6
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA7	7
2.1. Control PID7	7
2.1.1. PLC7	7
2.1.2. Relé Solidos.....8	8
2.1.3. Sensores de Temperatura9	9
2.1.4 Transmisor de temperatura10	10
3. MARCO METODOLÓGICO11	11
3.1. Descripción del prototipo11	11
3.2. Análisis y Planificación12	12
3.3. Adquisición y Modificación del Horno13	13
3.4. Programación del TIA PORTAL16	16
3.5. Resultados21	21
3.6. Resultados en pantalla HMI.....24	24

4.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	37
5.	PRESUPUESTO.....	38
6.	CONCLUSIONES.....	39
7.	RECOMENDACIONES.....	39
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
9.	ANEXOS.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de bloques control PID	7
Figura 2. Siemens S7- 1500 PLC.....	8
Figura 3. Relé estado sólido.....	9
Figura 4. PT100 sensor de temperatura	9
Figura 5. Transmisor de temperatura	10
Figura 6. Diagrama de las etapas del horno con control PID.....	12
Figura 7. Esquema realizado.....	13
Figura 8. Colocación de relé de estado sólido y terminales tipo banana hembra.....	14
Figura 9. Tapa interna del horno	14
Figura 10. Tapa externa del horno	15
Figura 11. Conexiones internas del horno.....	15
Figura 12. Conexiones externas del horno.....	16
Figura 13. TIA Portal version 18	16
Figura 14. Pantalla Principal TIA Portal.....	17
Figura 15. Pantalla para crear nuevo proyecto.....	17
Figura 16. Pantalla árbol del proyecto	18
Figura 17. Bloque Cyclic interrupt	18
Figura 18. Arranque del sistema.....	19
Figura 19. PLC Tags.....	19
Figura 20. Normalizado y Escalado de señales.....	20
Figura 21. Pantalla de elementos de control PID.....	20
Figura 22. PID Compact.....	21
Figura 23. Señal de PID Compact	21
Figura 24. Arranque de sistema funcionando	22
Figura 25. Normalizado y Escalado funcionando	22
Figura 26. Bloque PID.....	23
Figura 27. Generador de pulsos.....	23
Figura 28. Conexiones del prototipo a los módulos didácticos de automatización.....	24
Figura 29. Pantalla Parámetros del PID	25
Figura 30. Tuning mode a 30°	25
Figura 31. Prueba de 30° en la pantalla HMI.....	26
Figura 32. Prueba de 30° en HMI.....	26
Figura 33. Prueba de 30° del prototipo	27
Figura 34. Prueba de 30° grafica HMI.....	27
Figura 35. Gráfica de 50° de temperatura en la pantalla HMI	28

Figura 36. Gráfica de 50° después de 4min	29
Figura 37. Gráfica de 50° en HMI	29
Figura 38. Gráfica de 50° Tuning mode.....	30
Figura 39. Prueba de 50°del prototipo con la programación y el módulo.....	31
Figura 40. Gráfica de 50° con Pretuning mode.....	47
Figura 41. Gráfica de 50° con fine tuning	33
Figura 42. Gráfica de PID con tapa abierta.....	33
Figura 43. Gráfica de 80° en HMI	34
Figura 44. Captura desde el programa de la gráfica en 80°	34
Figura 45. Captura de la gráfica con 80°	35
Figura 46. Gráfica de PID con fine Tuning falla.....	35
Figura 47. Gráfica con setpoint de 100 grados en pantalla HMI	36
Figura 48. Captura desde el programa de la gráfica de falla.....	36
Figura 49. Información del horno utilizado	42
Figura 50. Se obtuvo el horno.....	42
Figura 51. Modificación del horno	43
Figura 52. Perforaciones del horno.....	43
Figura 53. Identificación y conexión	44
Figura 54. Parte de programación realizada.....	44
Figura 55. Pantalla principal del HMI	45
Figura 56. Segunda pantalla del HMI.....	45
Figura 57. Tercera pantalla del HMI.....	46
Figura 58. Pruebas del sensor PT100.....	46
Figura 59. Cautín con sensor PT100.....	47
Figura 60. Gráfica del PID de la prueba realizada.....	47
Figura 61. Cambio de Ajustes en el PID.....	48
Figura 62. Se superviso las conexiones realizadas.....	48
Figura 63. Pruebas con el horno y la PT100.....	49
Figura 64. Horno ya armado y funcionando	49

Índice de Tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades del proyecto técnico	37
Tabla 2. Presupuesto	38

1. INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema de control PID (Proporcional, Integral, Derivativo) en hornos industriales representa una solución innovadora para afrontar uno de los principales desafíos en la manufactura moderna: el control preciso de la temperatura. Este tipo de control es fundamental para garantizar la calidad del producto, reducir las fluctuaciones térmicas y optimizar el consumo energético. En un entorno industrial donde la eficiencia y la sostenibilidad son prioridades, una gestión inadecuada de la temperatura puede derivar en altos costos operativos y un impacto ambiental significativo.

En este sentido, la implementación de controladores PID ha demostrado ser una estrategia efectiva para regular la temperatura de manera precisa y consistente. Sin embargo, su adopción en prototipos de hornos industriales aún es limitada, y es crucial investigar cómo estos controladores pueden ayudar a reducir las oscilaciones de temperatura y mejorar la eficiencia energética, con la meta de hacer estas aplicaciones más sostenibles.

El presente trabajo de titulación se enmarca en la asignatura de Automatización Industrial de la carrera de Electrónica y Automatización en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil. En este contexto académico, se evidencia la falta de un prototipo de control PID aplicado a hornos industriales en el repositorio institucional, lo que justifica la necesidad de desarrollar este trabajo. Así, se propone un enfoque práctico que no solo beneficia a los estudiantes, sino que también ofrece una solución viable para el sector industrial.

Finalmente, mediante el desarrollo de un prototipo que implemente un sistema de control PID, se espera no solo estabilizar la temperatura de un horno industrial, sino también crear una interfaz hombre-máquina (HMI) que permita el monitoreo y ajuste manual de parámetros. Este enfoque integral busca contribuir tanto a la formación académica de los estudiantes como a la mejora de la eficiencia y sostenibilidad en los procesos industriales.

1.1. PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes

Un antecedente relevante en el ámbito de control de temperatura en hornos industriales es el estudio realizado por Morfort, 2020, que destaca que aproximadamente el 30% de los hornos en funcionamiento utilizan sistemas de control obsoletos. Este fenómeno genera fluctuaciones de temperatura que pueden alcanzar un 15% con respecto al nivel objetivo, impactando negativamente la calidad del producto y aumentando el consumo energético en un 20%. La implementación de controladores PID ha demostrado ser una solución efectiva para estabilizar la temperatura y mejorar la eficiencia operativa, aunque su adopción en la industria ha sido limitada. Este contexto resalta la importancia de investigar y desarrollar prototipos que integren controles PID modernos para optimizar procesos industriales y contribuir a un uso más sostenible de la energía (Monfort, 2020).

La variabilidad en el control térmico en hornos industriales representa una de las principales problemáticas que enfrentan los procesos de manufactura. Muchos de estos hornos operan con sistemas de control obsoletos, lo que provoca fluctuaciones de temperatura de hasta un 15% respecto al valor objetivo. Esta falta de estabilidad no solo compromete la calidad del producto final, sino que también puede dar lugar a defectos significativos en la producción, afectando la eficiencia y el rendimiento general del proceso (fujielectric, 2023).

El impacto económico de las oscilaciones en la temperatura es considerable. Se estima que dicho fenómeno incrementa el consumo energético en un 20%, lo cual eleva los costos operativos de las empresas. Esta situación no solo afecta la rentabilidad de las operaciones industriales, sino que también plantea desafíos en un contexto competitivo donde la disminución de costos y el aumento de la eficiencia son fundamentales para el éxito empresarial (Astrom, 2019).

Los defectos en la producción son otra consecuencia directa de la ineficiencia en el control de la temperatura. Aproximadamente el 25% de los productos manufacturados presentan defectos que pueden atribuirse a un mal manejo de la temperatura. Esta situación no solo genera pérdidas económicas significativas, sino que también puede afectar la reputación de la empresa en el mercado y su capacidad para cumplir con la demanda de los clientes. La dependencia de controles manuales en muchos procesos industriales se traduce en ineficiencias significativas. Este enfoque manual no solo carece de la precisión necesaria para mantener temperaturas

constantes, sino que también conduce a inconsistencias entre lotes, lo que impide la estandarización y calidad del producto final. Con el creciente enfoque hacia la sostenibilidad ambiental, esta ineficiencia también incrementa la huella de carbono de las operaciones industriales, resaltando la urgente necesidad de adoptar tecnologías más eficientes como los controladores PID (Palomares, 2024).

El control de temperatura en hornos industriales es fundamental para garantizar la calidad del producto y optimizar el consumo de energía. Sin embargo, aproximadamente el 30% de los hornos operan con sistemas de control obsoletos, lo que genera fluctuaciones de temperatura de hasta un 15% respecto al valor objetivo, impactando negativamente en la producción y ocasionando defectos en el 25% de los productos en sectores clave. Además, este problema incrementa el consumo energético en un 20%, elevando los costos operativos y la huella de carbono, lo cual contrasta con la urgencia global de adoptar prácticas sostenibles (Monfort, 2020).

La implementación de controladores PID ha demostrado ser una solución eficaz para regular la temperatura de forma precisa y consistente, pero su adopción en prototipos de hornos industriales sigue siendo limitada. Investigar cómo estos controladores pueden reducir las oscilaciones de temperatura en un 50% y mejorar la eficiencia energética en un 20% es esencial para optimizar los procesos y hacerlos más sostenibles. Esto podría no solo mejorar la calidad del producto final, sino también contribuir a reducir costos y minimizar el impacto ambiental en la industria moderna (Greenergy, 2020).

El control manual de la temperatura en hornos industriales resulta ineficiente, ya que depende de la intervención humana y carece de la precisión necesaria para mantener una temperatura constante. Esto se traduce en variaciones de calidad entre lotes y un uso subóptimo de los recursos (Darf, 2017).

Al abordar la implementación de un control PID de temperatura en un prototipo de horno industrial, es fundamental considerar diversos desafíos que han sido identificados en estudios previos. Uno de los principales problemas es la dificultad en la sintonización de los parámetros del controlador PID. Una configuración inadecuada de los valores proporcional, integral y derivativo puede provocar oscilaciones en la temperatura o respuestas lentas del sistema. Por ejemplo, en el trabajo de Chumbe Mellado (2019), se destaca la importancia de una correcta sintonización para evitar inestabilidades en el control de temperatura de hornos eléctricos en líneas de producción de panadería (Elmer, 2019).

Otro desafío significativo es la presencia de retardos térmicos y no linealidades en el sistema. Los hornos industriales suelen exhibir una alta inercia térmica, lo que implica que los cambios en la entrada de calor no se reflejan inmediatamente en la temperatura interna. Este retardo complica la respuesta del controlador PID y puede llevar a sobrecompensaciones. Además, las características térmicas pueden variar debido al envejecimiento de los materiales o cambios en las condiciones operativas, afectando la precisión del control. Flores Medina (2017) aborda estos aspectos al diseñar un sistema automático de control de temperatura para hornos industriales, enfatizando la necesidad de considerar las dinámicas térmicas del sistema (Michelle, 2016).

La precisión y confiabilidad de los sensores de temperatura son también cruciales. Errores en la medición o tiempos de respuesta lentos pueden proporcionar información incorrecta al controlador PID, afectando su desempeño. En el estudio de Ruiz Fernández (2019), se presenta un diseño experimental de bajo costo para la aplicación de sistemas de control PID, resaltando la importancia de seleccionar sensores adecuados para garantizar un control efectivo (Fernández, 2021).

Desde una perspectiva práctica, la integración del controlador PID con los elementos de calefacción y los sistemas de automatización del horno puede presentar complicaciones. Es esencial asegurar la compatibilidad entre el controlador y los actuadores, como resistencias eléctricas o quemadores, para evitar respuestas inadecuadas del sistema. El trabajo de Hilario Mayboca (2016) sobre la caracterización y control de un horno para el acabado de pasto sintético destaca la relevancia de una correcta integración de los componentes del sistema de control (Hermosillo, 2018).

Finalmente, los costos asociados y la resistencia a la adopción de nuevas tecnologías pueden ser obstáculos en la implementación de sistemas de control PID. Aunque estos controladores pueden mejorar la eficiencia y reducir el consumo energético, la inversión inicial en equipos y la capacitación del personal pueden ser significativas. El artículo de Rodríguez y otros (2013) sobre conceptos de controladores PID e implementación en un horno de laboratorio discute las consideraciones económicas y de formación necesarias para una implementación exitosa (Jiménez-Ceciliano, 2015).

1.1.2. Importancia y alcances

La implementación de un sistema de control PID en un prototipo de horno industrial es de vital importancia, ya que permite optimizar la regulación de la temperatura, asegurando la calidad del producto y reduciendo los costos operativos a través de un menor consumo energético y una disminución en la generación de defectos.

El alcance del proyecto se extiende a la mejora continua en procesos de manufactura, sirviendo como modelo para futuras investigaciones y aplicaciones en otras instituciones educativas y empresas, al demostrar la efectividad de la tecnología PID en la automatización industrial y su impacto positivo en la sostenibilidad y eficiencia operativa.

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Temporal

El proyecto, se lo llevó a cabo en periodo de 6 meses, en este tiempo se realiza el prototipo y las pruebas correspondientes del mismo.

1.2.2. Geográfica

El estudio se basa en la implementación de un control PID de temperatura en un prototipo de horno industrial y está enfocado en el sector manufacturero.

1.2.3. Académica

La implementación de un control PID de temperatura en un prototipo de horno industrial permite aplicar los conocimientos adquiridos, fortaleciendo la comprensión sobre sistemas de control y electrónica. Además, desarrollo habilidades en el uso de sensores y software de simulación, herramientas fundamentales en la automatización industrial. Este proyecto también impulsa a pensar de manera crítica y a resolver problemas, ya que se debe ajustar y optimizar el sistema ante posibles perturbaciones.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Implementar el control PID para regular la temperatura de un prototipo de Horno industrial.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar la programación del Proceso en el PLC usando TIA PORTAL.
- Implementar una interfaz gráfica en HMI para controlar el funcionamiento del prototipo del horno.
- Implementar el prototipo mediante un módulo del Laboratorio de Automatización Industrial.

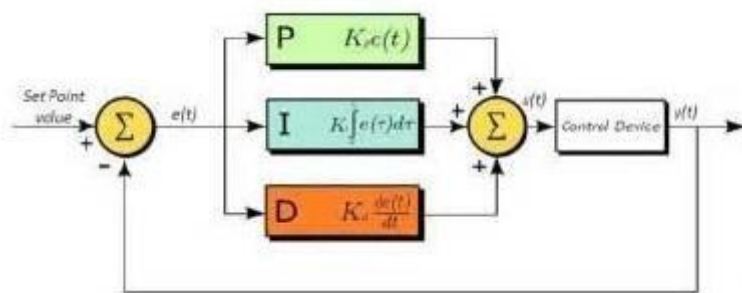
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Control PID

Como se muestra en la figura 1 una explicación breve del control PID, es un método de control por realimentación ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren una respuesta rápida y una alta precisión. Consiste en tres términos: proporcional, integral y derivativo, que se combinan para ajustar la salida del controlador de acuerdo con el error presente, la acumulación de errores pasados y la tasa de cambio del error (Ogata, 2020).

Figura 1.

Diagrama de bloques control PID



Nota. Control PID retroalimentado (Ogata, 2020).

2.1.1. PLC

Como se muestra en la figura 2, un PLC S7-1500 permite la implementación de control industrial avanzados. para controlar procesos y maquinaria de manera flexible y eficiente. Dentro de sus funciones principales esta recibir señales de entrada como sensores o dispositivos, procesarlas según la programación predefinida, y luego enviar las señales de salida para activar o desactivar dispositivos como, motores, válvulas o luces (Bolton, 2015).

Figura 2.

Siemens s7-1500 PLC



Nota. PLC Siemens (Bolton, 2015).

2.1.2. Relé Solidos

Como se observa en la figura 3, se muestra un relé de estado sólido, los relés de estado sólido son dispositivos de conmutación utilizados para controlar la potencia eléctrica suministrada a un dispositivo. A diferencia de los relés electromecánicos tradicionales, los relés de estado sólido no tienen partes móviles y utilizan componentes electrónicos para controlar la corriente eléctrica de manera más eficiente y precisa (Isaac, 2020).

Figura 3.

Relé estado sólido



Nota. Relé estado sólido AC/DC (Hardwarelibre, 2020).

2.1.3. Sensores de Temperatura

Como se puede apreciar en la figura 4, se muestra un sensor de temperatura PT100 es un dispositivo utilizado para medir la temperatura en diversas aplicaciones. En este proyecto, se utilizará un sensor PT100, que es un sensor de resistencia de platino que varía su resistencia con la temperatura de acuerdo con una curva predefinida (Fraden, 2016).

Figura 4.

PT100 sensor de temperatura



Nota. Imagen de sensor de temperatura PT100 (SRC, 2024).

2.1.4 Transmisor de temperatura

Como se observa en la figura 5, un transmisor de temperatura para un sensor Pt100 es un dispositivo que convierte la señal de resistencia del sensor en una señal estandarizada, generalmente de 4 a 20 mA o 0 a 10 V, facilitando su integración en sistemas de control y monitoreo industrial. Este proceso implica la amplificación, linealización y filtrado de la señal original para asegurar mediciones precisas y confiables. Por ejemplo, el transmisor TX12 de Omega Engineering está diseñado para admitir sensores RTD y convertir su salida en una señal de 4 a 20 mA, permitiendo una fácil configuración y garantizando una alta estabilidad en diversas condiciones ambientales (J.N.Thermocontrols, 2024).

Figura 5.

Transmisor de temperatura



Nota. Imagen de un Transmisor de temperatura de la PT100 (J.N.Thermocontrols, 2024).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del prototipo

El prototipo consiste en la implementación de un sistema de control PID para regular la temperatura de un horno industrial modificado y conectado a un PLC. El horno, originalmente adquirido, fue modificado para integrar un sensor PT100 de alta precisión, encargado de medir la temperatura interna del horno. Este sensor, que ofrece una amplia precisión en un rango de temperaturas industriales, es crucial para asegurar mediciones exactas y constantes durante el proceso de control.

El sistema PID, gestionado por el PLC, utiliza las lecturas del sensor PT100 para ajustar de manera automática los actuadores, como los elementos calefactores, con el fin de mantener la temperatura interna del horno dentro de un rango preestablecido. El controlador PID procesa las señales del sensor y ajusta la potencia de calefacción en función de las variaciones de temperatura, garantizando un control estable y preciso.

La conexión del PLC al sistema permite la automatización del proceso y facilita la supervisión y ajustes a través de una interfaz de usuario, como una pantalla táctil o software especializado. Además, la integración del sensor PT100 asegura un control altamente confiable y de alta resolución, lo que es esencial para aplicaciones industriales que requieren precisión.

El sistema también incorpora mecanismos de seguridad para prevenir sobrecalentamientos y asegurar un funcionamiento confiable y seguro del horno en un entorno industrial. Gracias a la combinación de tecnología PID, PLC y el sensor PT100, el prototipo mejora la eficiencia del horno, optimiza los procesos de producción y garantiza resultados consistentes y de calidad.

A continuación, se presenta las etapas del desarrollo del proyecto:

- Análisis y Planificación
- Adquisición y Modificación del Horno
- Programación del TIA PORTAL
- Pruebas y Ajustes

Figura 6.

Diagrama de las etapas del horno industrial con control PID.



Nota. Describe las etapas del proceso de creación del prototipo.

3.2. Análisis y Planificación

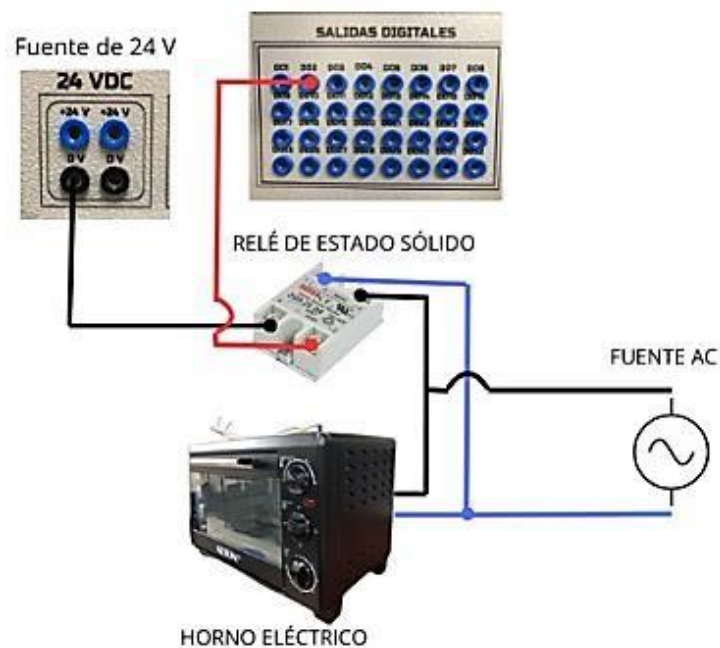
El proyecto se centra en la creación de un sistema de control PID para regular la temperatura de hornos industriales, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados al consumo energético. Actualmente, muchos hornos industriales operan con sistemas de control obsoletos, lo que provoca variaciones de temperatura y afecta la calidad del producto final. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo funcional que permita estabilizar la temperatura, reduciendo las fluctuaciones térmicas y los costos operativos. La planificación se estructura en varias fases. Se espera que la implementación del control PID no solo beneficie al sector industrial, sino que también sea una referencia para futuras investigaciones y aplicaciones en instituciones académicas, promoviendo la sostenibilidad y la calidad en los procesos de manufactura.

3.3. Adquisición y Modificación del Horno

En esta fase, se inicia con la compra del horno, el cual luego se modifica. Primero, se abre el horno y se procede a identificar los componentes que utilizarán junto con los implementos adquiridos. Como se ve en la Figura 7, se elabora un esquema para planificar las conexiones. Posteriormente, se realiza perforaciones para la instalación del sensor PT100, los conectores tipo banana hembra y el relé térmico, todos dentro del horno. Finalmente, se realiza las conexiones correspondientes internamente y externamente del horno.

Figura 7.

Esquema realizado



Nota. Elaboración del esquema de conexiones del prototipo de horno para conectar al módulo de automatización.

Como se puede apreciar en la figura 8, se realiza perforaciones en el horno para poder colocar el relé de estado sólido y los terminales tipo banana hembra.

Figura 8.

Colocación del Relé de estado sólido y terminales tipo banana hembra.



Nota. Relé de estado sólido y terminales tipo banana hembra ya colocados.

Como se puede apreciar en la figura 9 y figura 10 se hacen perforaciones en la parte superior de la tapa interior y exterior del horno para instalar la PT100.

Figura 9.

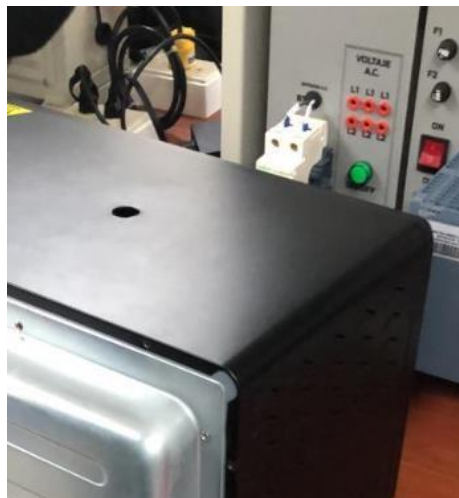
Tapa Interna del horno.



Nota. Se observa la perforación de la tapa interna en la parte superior del Horno.

Figura 10.

Tapa Externa del horno.



Nota. Se observa la perforación de la tapa interna en la parte superior del Horno.

En la figura 11, se muestran las conexiones internas del horno posterior, las cuales permiten conectar el horno a los módulos didácticos como se ve en la figura 12.

Figura 11.

Conexiones Internas del Horno.



Nota. Conexiones dentro del Horno.

Figura 12.

Conexiones Externa del horno.



Nota. Conexiones externas. Salidas digitales y entradas analógicas conectadas al transmisor de temperatura.

3.4. Programación del TIA PORTAL

Primero se abre el programa TIA PORTAL. Después seleccionar el modelo del PLC y HMI al crear un nuevo proyecto se guarda en una carpeta como se puede ver en la figura 13, figura 14 y figura 15.

Figura 13.

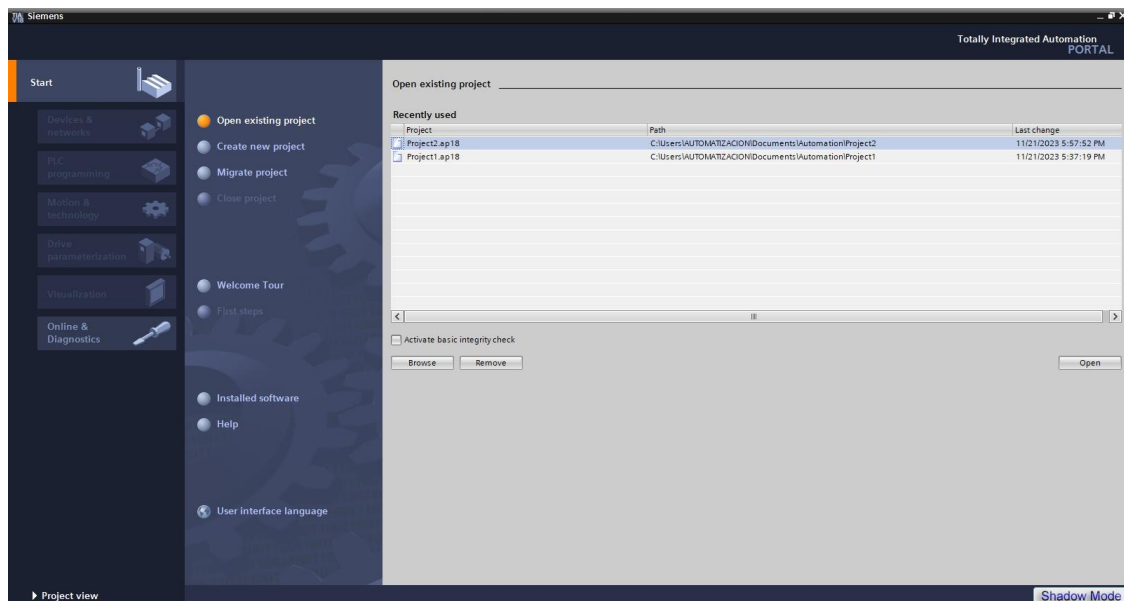
Aplicación TIA PORTAL VERSION 18.



Nota. Logo de TIA PORTAL VERSION 18 (SIEMENS, 2023).

Figura 14.

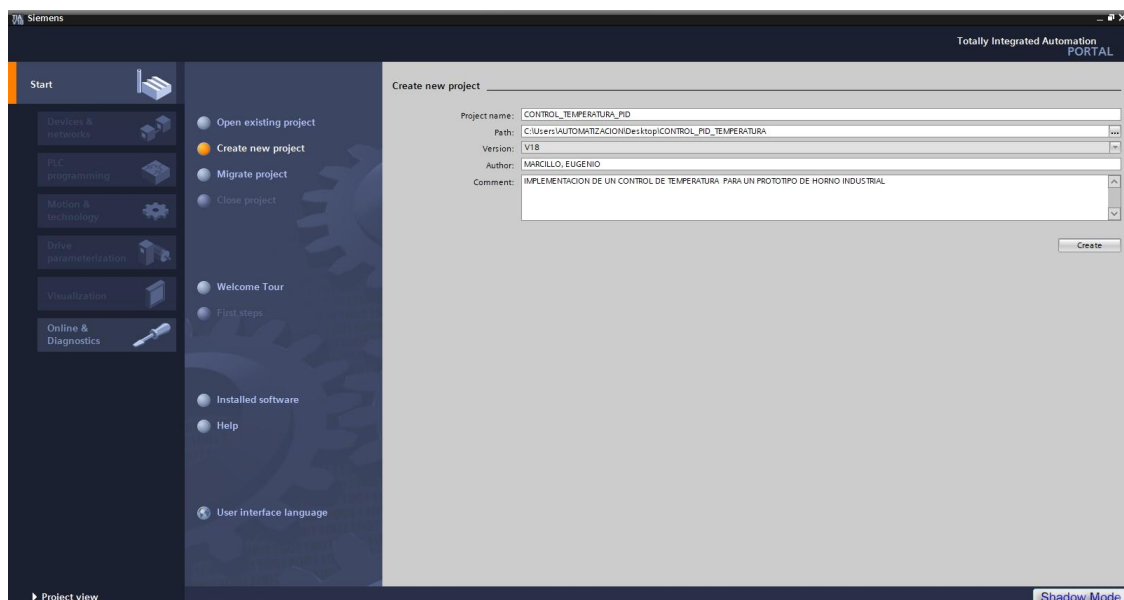
Pantalla principal TIA PORTAL.



Nota. Pantalla principal TIAPORTAL pantalla donde se crea el proyecto (SIEMENS, 2023).

Figura 15.

Pantalla para crear un nuevo proyecto.

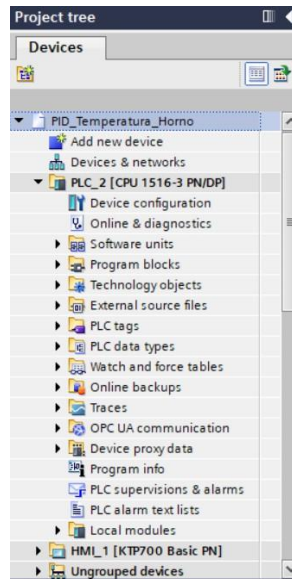


Nota. Pantalla principal TIAPORTAL pantalla donde se crea un proyecto con su información (SIEMENS, 2023).

Una vez creado el proyecto, se puede visualizar en la figura 16 el árbol del proyecto con todo lo que se puede ocupar en la programación y poder configurar cada bloque de programa. En el bloque de programa se añade un ciclo de interrupción como se ve en la figura 17.

Figura 16.

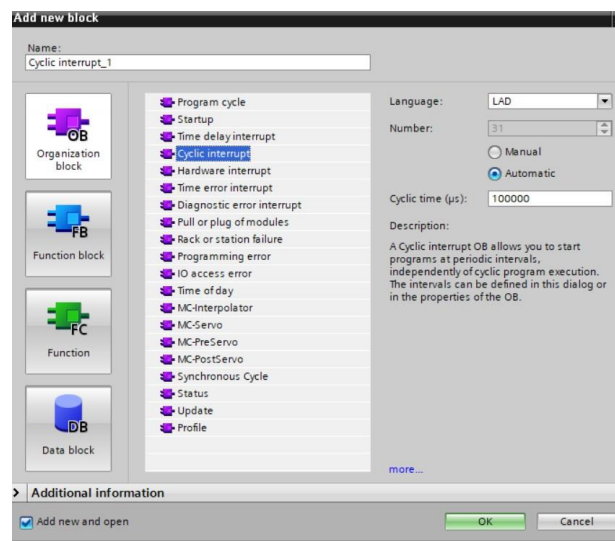
Pantalla árbol del proyecto



Nota. Pantalla donde se visualiza el árbol del proyecto después de crear el proyecto (SIEMENS, 2023).

Figura 17.

Bloque Cyclic interrupt



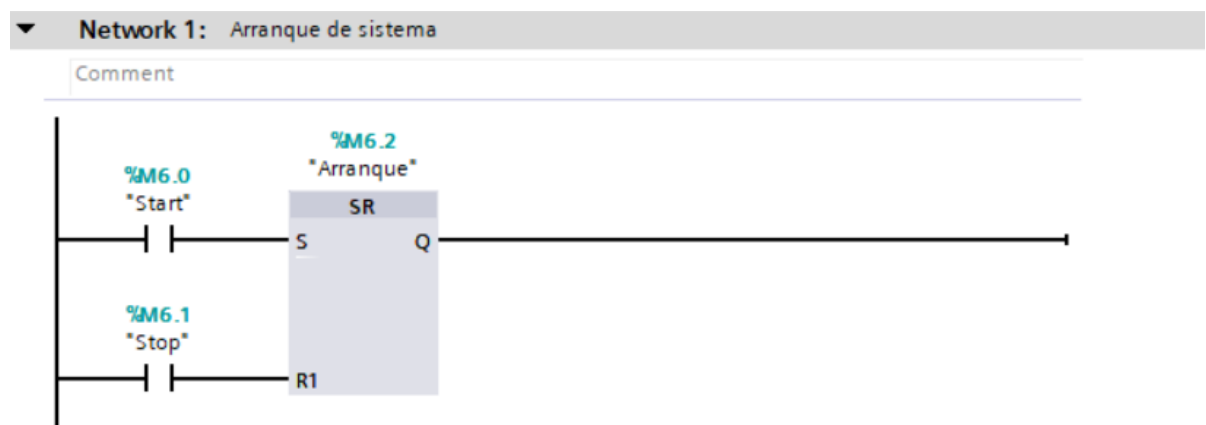
Nota. Ventana donde se añade un nuevo bloque llamado “Cyclic interrupt” (SIEMENS, 2023).

Segmentación de cada NETWORK para cada parte del proceso.

La programación inicia con dos contactos normalmente abiertos y un bloque de set y reset, mediante la herramienta TIA Portal se puede encontrar y seleccionar los elementos utilizados como se muestra a continuación en la figura 18.

Figura 18.

Arranque del sistema



Nota. Network 1 inicio arranque del sistema con un bloque set y reset.

Una vez terminado el Network 1, en el árbol de proyecto dentro de la carpeta PLC tags se crean las variables utilizadas como se muestra en la figura 19.

Figura 19.

PLC Tags

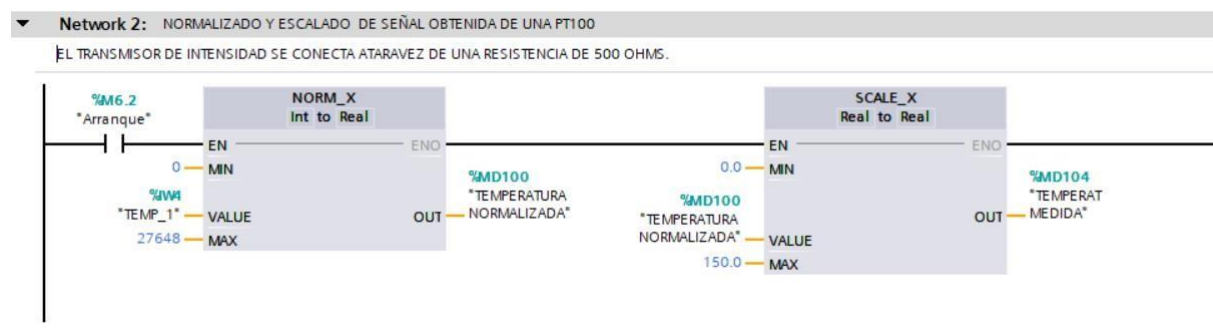
PID_Temperatura_Horno ▶ PLC_2 [CPU 1516-3 PN/DP] ▶ PLC tags									
PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	
1	Tag_1	Default tag table	Bool	%Q0.0		☒	☒	☒	
2	pwm_Pid	Default tag table	Bool	%I0.0		☒	☒	☒	
3	TEMP	Default tag table	Int	%MWD		☒	☒	☒	
4	TEMPERATURA NORMALIZADA	Default tag table	Real	%MD100		☒	☒	☒	
5	TEMPERAT MEDIDA	Default tag table	Real	%MD104		☒	☒	☒	
6	TEMP MEDIDA Y AJUSTADA	Default tag table	Real	%MD108		☒	☒	☒	
7	TEMP_1	Default tag table	Int	%IW4		☒	☒	☒	
8	sp	Default tag table	Real	%MD2		☒	☒	☒	
9	Start	Default tag table	Bool	%M6.0		☒	☒	☒	
10	Stop	Default tag table	Bool	%M6.1		☒	☒	☒	
11	Arranque	Default tag table	Bool	%M6.2		☒	☒	☒	
12	temperatura_pwm	Default tag table	Bool	%Q0.1		☒	☒	☒	
13	<Add new>					☒	☒	☒	

Nota. Variables creadas dentro de la carpeta PLC tags.

Una vez creada las variables, en el Network 2 se incorporan dos bloques: uno de normalización y otro de escalado, que servirá para trabajar con señales analógicas. En la Figura 20 se muestra el escalado y normalizado de la señal proveniente de un sensor de temperatura PT100.

Figura 20.

Normalizado y escalado de señales

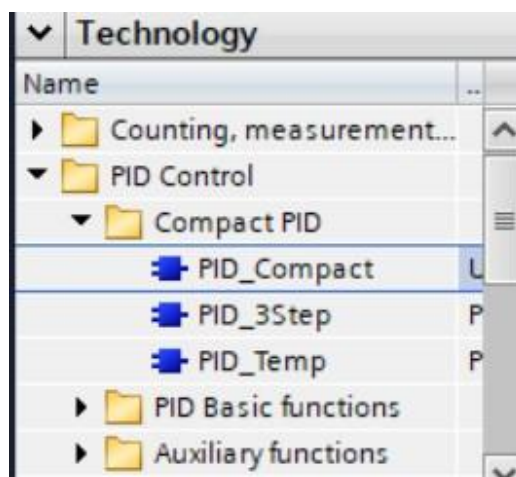


Nota. Esquema de normalización y escalado de señal proveniente de un sensor de temperatura PT100.

Después se crea un bloque de interrupción en el árbol del proyecto para agregar un bloque de PID compact, el cual se inicia mediante una marca creada en el arranque del sistema. Desde la sección Technology se accede a la carpeta “PID control” y se selecciona “PID_Compact” A continuación, como se muestra en las figuras 21 y 22 como se realiza la configuración correspondiente para asignar un setpoint para la entrada.

Figura 21.

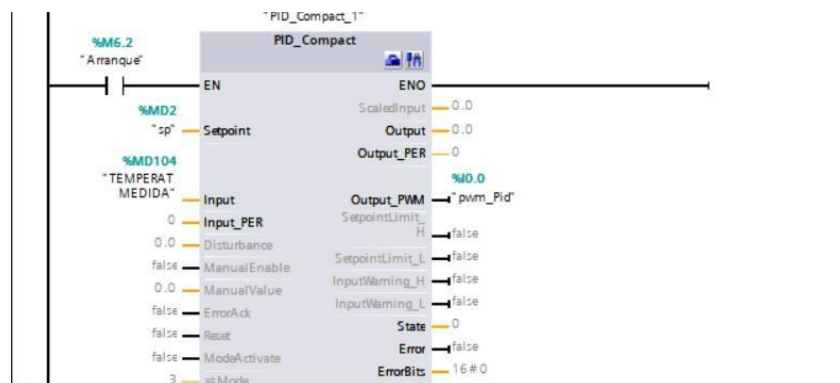
Pantalla de elementos de control PID



Nota. Pantalla donde se visualiza una librería de TIAPORTAL con elementos básicos para control PID.

Figura 22.

PID COMPACT

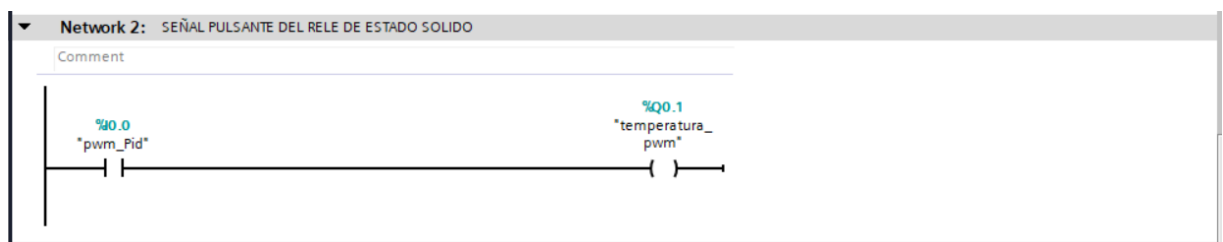


Nota. Esquema de control PID.

EL generador de pulsos del PID se conecta a una salida digital, la cual se conecta a la entrada de un relé de estado sólido como se aprecia en la figura 23.

Figura 23.

Señales del PID COMPACT



Nota. Esquema en lenguaje de programación LADDER de la señal pulsante para el control de temperatura del prototipo de Horno.

Dentro de la categoría "Controladores SIMATIC", elegir la familia S7-1500.

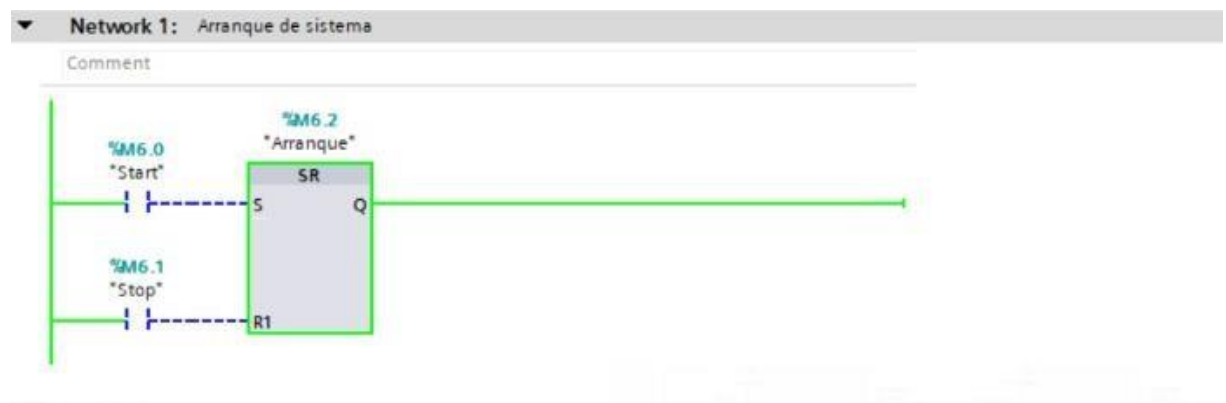
3.5. Resultados

En esta etapa se configura la programación del TIA Portal con el prototipo ya elaborado. Se logró el proceso esperado mediante la programación del PLC S7-1500 y la conexión física cada parte en los módulos didácticos. Así mismo, en la pantalla HMI se visualizan las pantallas correspondientes.

Se desarrollo la programación en el programa TIA PORTAL, para el arranque del sistema, como se observa en la figura 24, figura 25, figura 26 y figura 27.

Figura 24.

Arranque de sistema funcionando



Nota. Se presenta la programación ya encendida para realizar la prueba de la programación

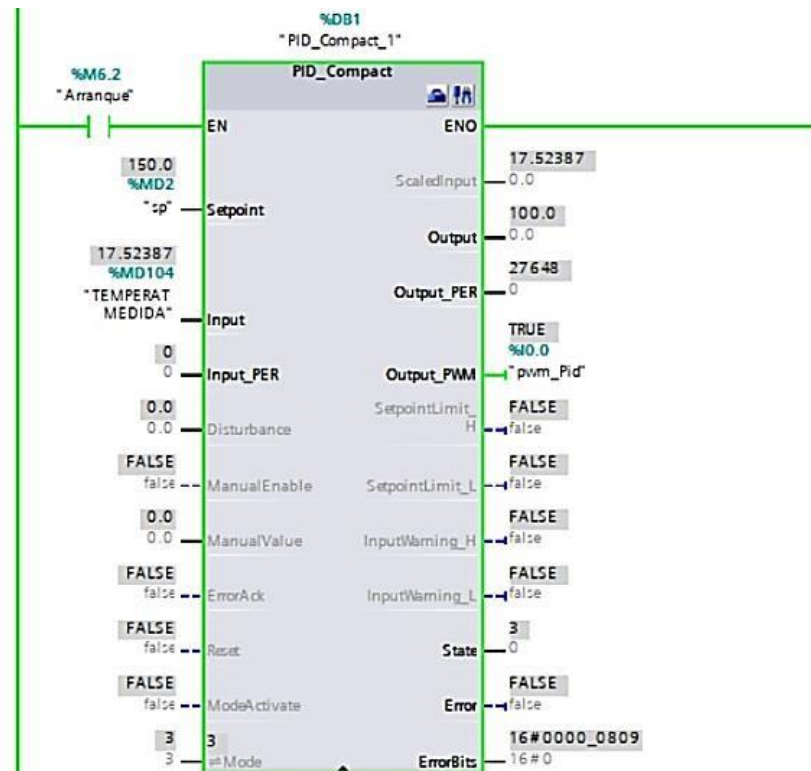
Figura 25.

Normalizado y Escalado funcionando



Nota. Visualización de los bloques de normalizado y escalado ya encendidos.

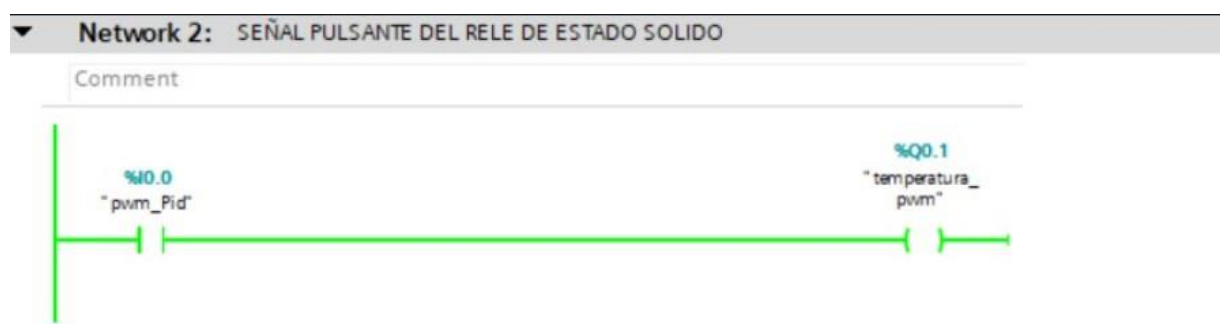
Figura 26.
Bloque PID.



Nota. Se observa encendido del bloque PID Compact.

Figura 27.

Generador de Pulsos.

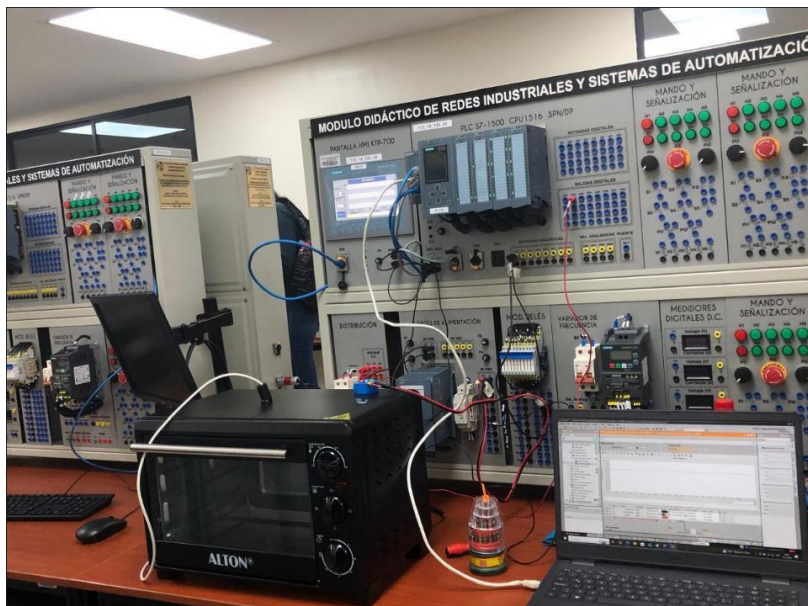


Nota. Se observa en la programación el encendido y apagado del relé de estado sólido.

Se logro el proceso esperado mediante la programación del PLC S7-1500 y la conexión física cada parte en los módulos didácticos como se ve en la figura 28.

Figura 28.

Conexiones del prototipo a los módulos didácticos de automatización.



Nota. Se observa el funcionamiento del prototipo de horno a un PLC S7-1500 y HMI.

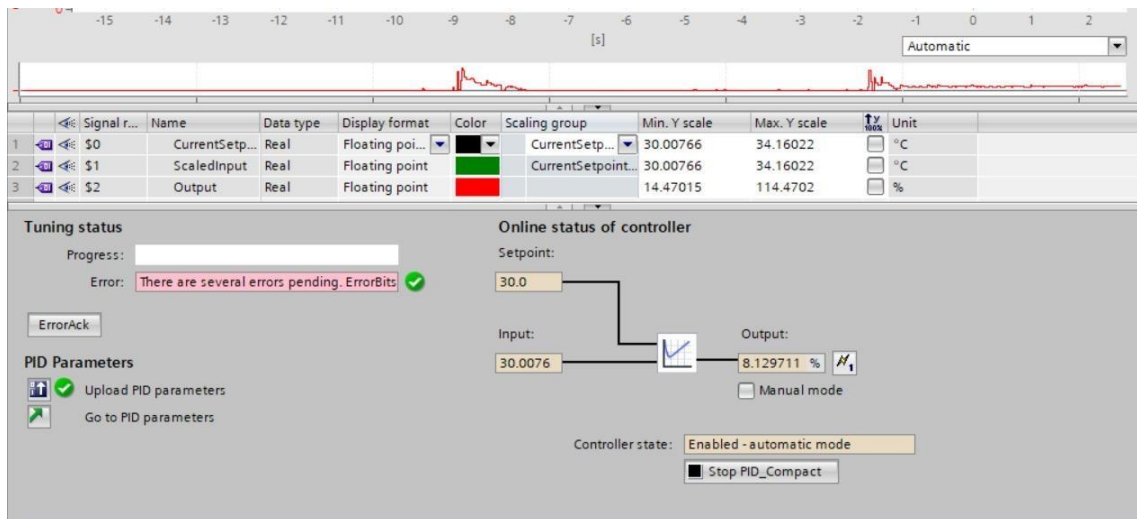
3.6. Resultados en pantalla HMI

Prueba con 30° de Temperatura:

Se observa en la figura 29 y figura 30, las señales de entrada y salida del PID para ver el comportamiento que tiene al ingresar un setpoint de 30° de temperatura.

Figura 29.

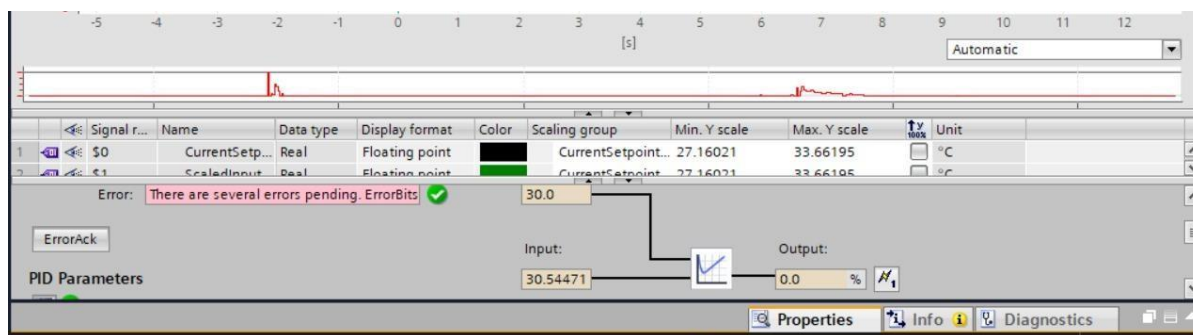
Pantalla parámetros del PID



Nota. Se visualiza la distorsión de la señal de salida y el proceso de estabilización.

Figura 30.

Tuning mode a 30°

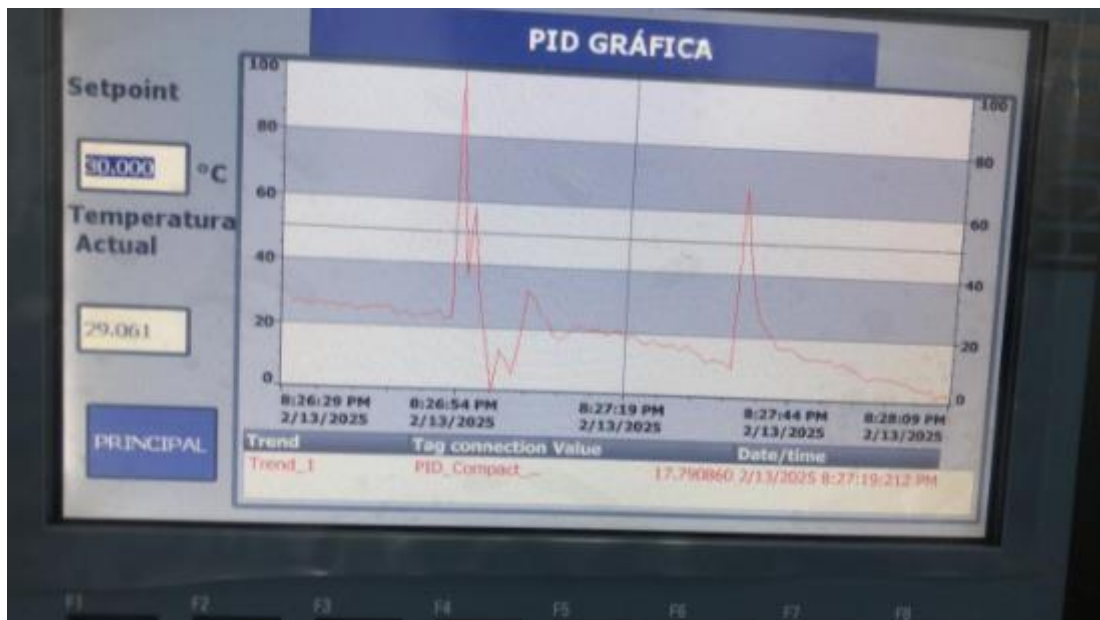


Nota. Se visualiza el proceso de estabilización al aplicar un tuning.

Se muestra las gráficas del PID registradas en la pantalla HMI a una temperatura de 30°, como se puede apreciar en las figuras 31, figura 32, figura 33 y figura 34.

Figura 31.

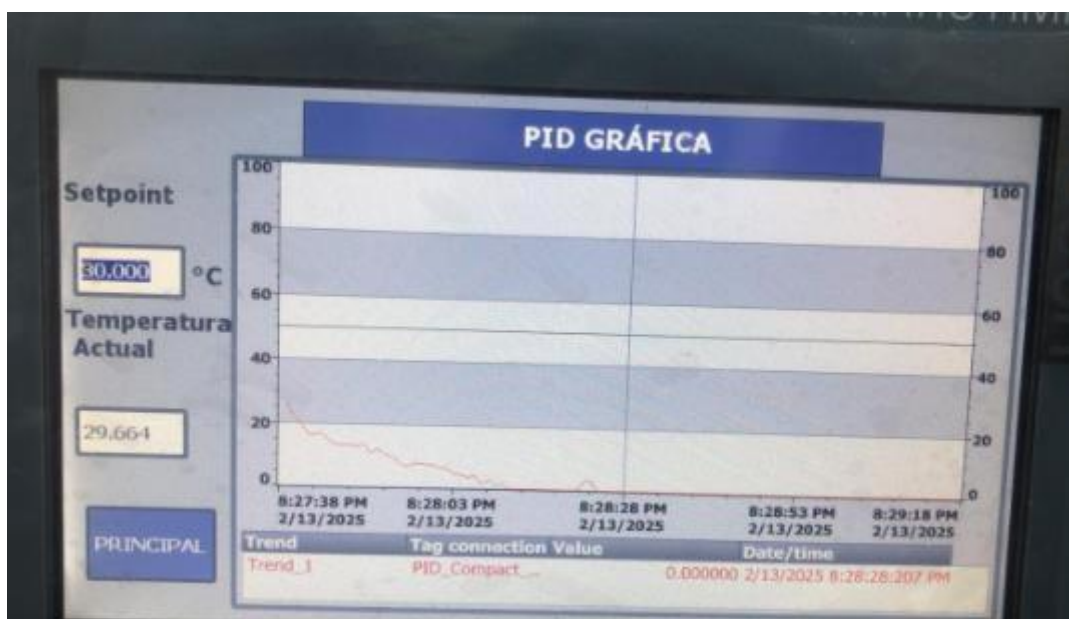
Prueba de 30° en la pantalla HMI.



Nota. Se muestra la distorsión que hubo con la temperatura al ingresar un setpoint de 30° de temperatura

Figura 32.

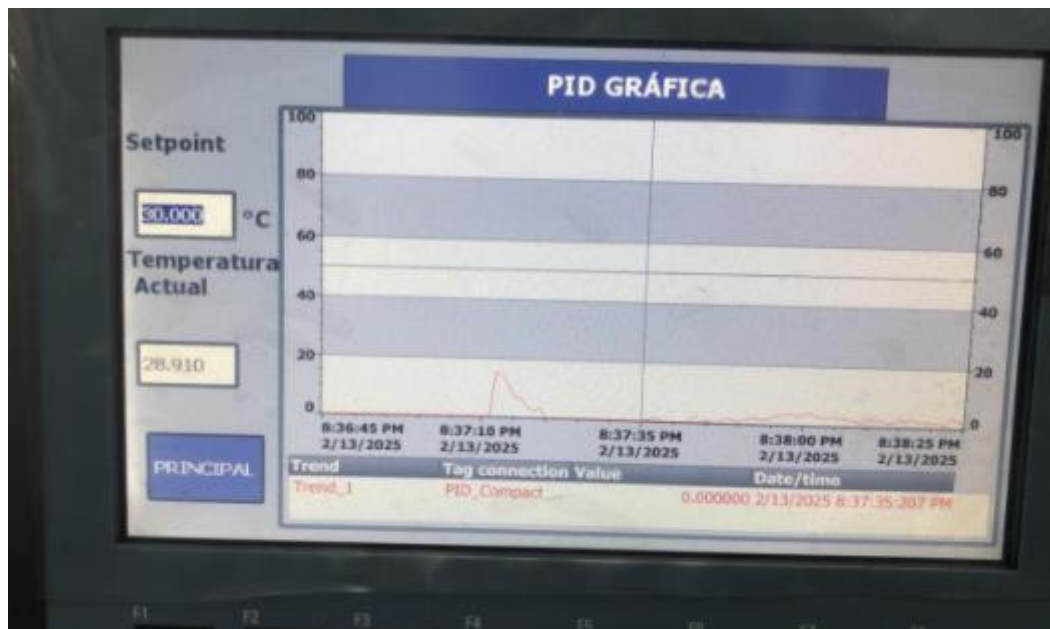
Grafica de 30° en HMI.



Nota. Se visualiza como se vuelve más estable las gráficas al acercarse más al setpoint de 30° d del PID.

Figura 33.

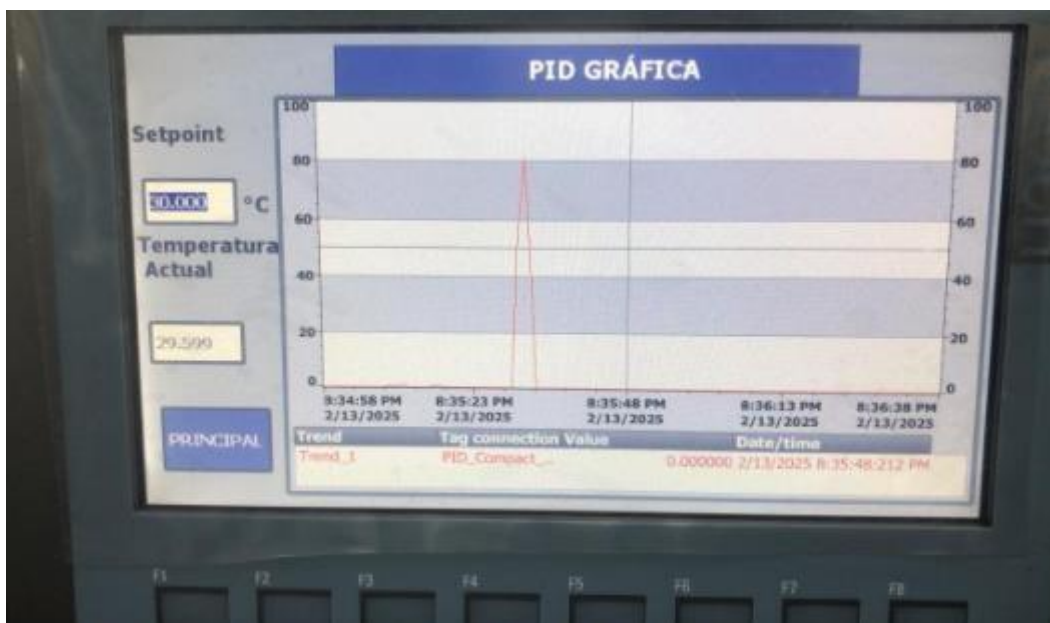
Prueba de 30° del prototipo



Nota. Se observa cómo se va estabilizando más la gráfica de PID.

Figura 34.

Prueba de 30° grafica HMI.



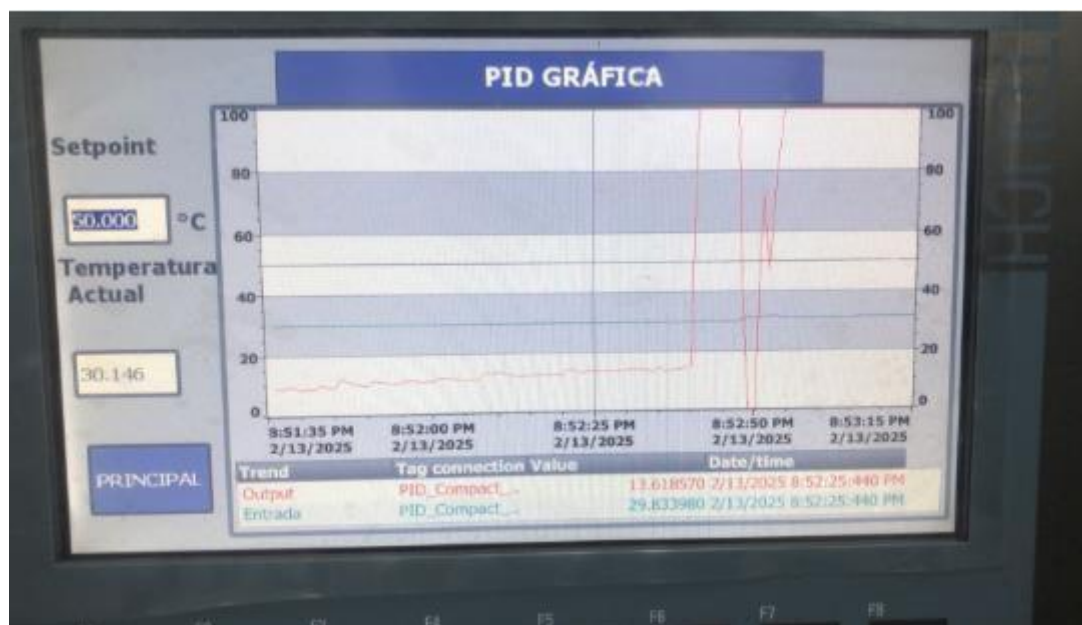
Nota. Se puede notar un aumento en la gráfica al abrir la tapa del horno, seguido de una estabilización posterior.

Prueba con 50° de Temperatura:

En la figura 35, se muestra en la pantalla HMI las señales de entrada y salida del PID al colocar un setpoint a una temperatura de 50°.

Figura 35.

Gráfica de 50° de temperatura en la pantalla HMI.

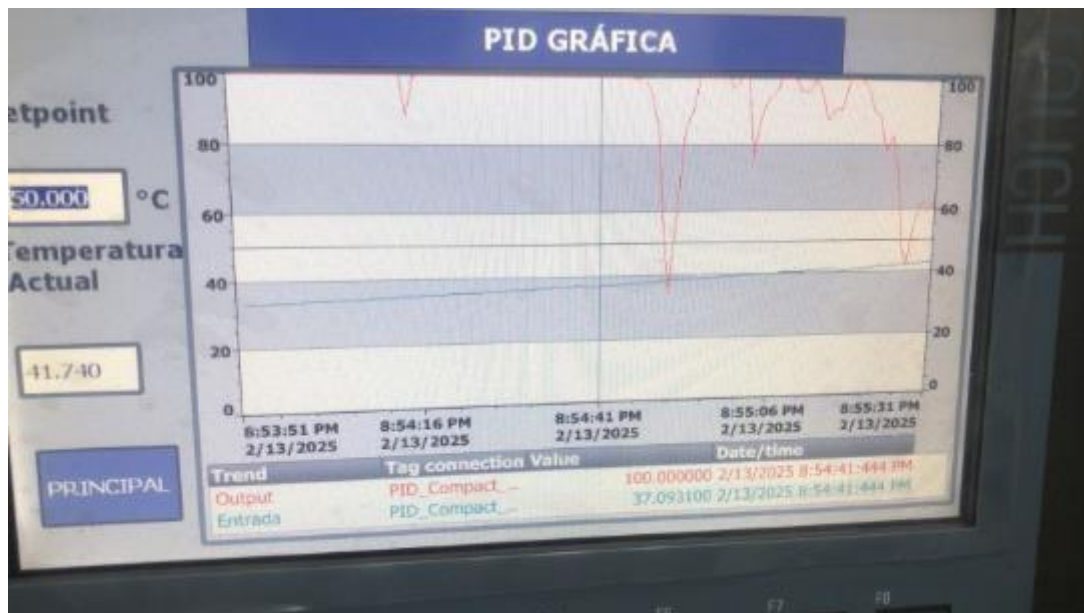


Nota. Gráfica de la señal de salida que se obtiene la ingresar un setpoint de 50° de temperatura.

En la figura 36 y figura 37, se puede observar en la pantalla HMI las señales de entrada y salida del PID después de 4 minutos. Como se puede ver en la figura 38 la grafica del PID se estabiliza después de aplicar un pretuning.

Figura 36.

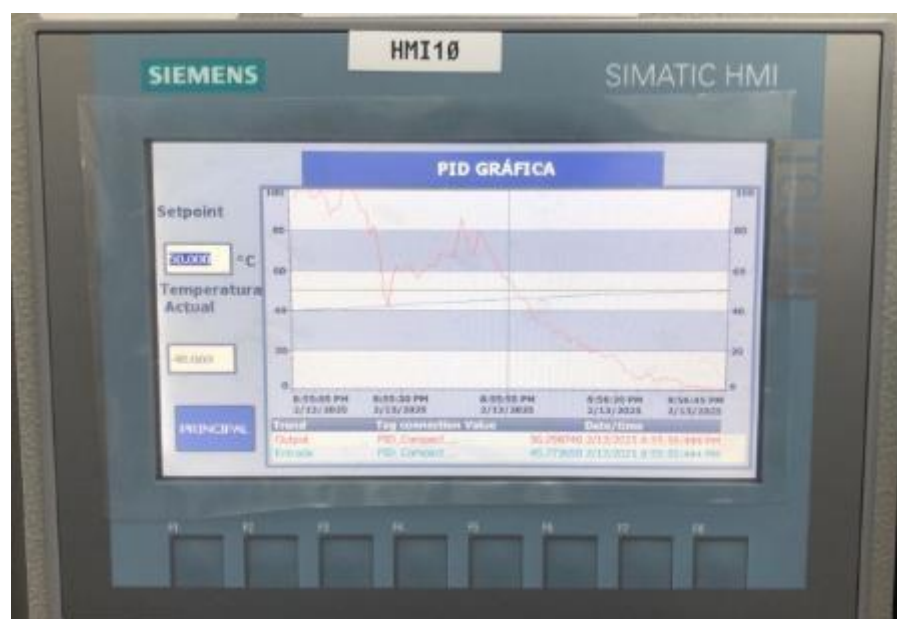
Grafica de 50° después de 4min



Nota. Se observa como la señal de salida tiene picos altos y bajos a 50°.

Figura 37.

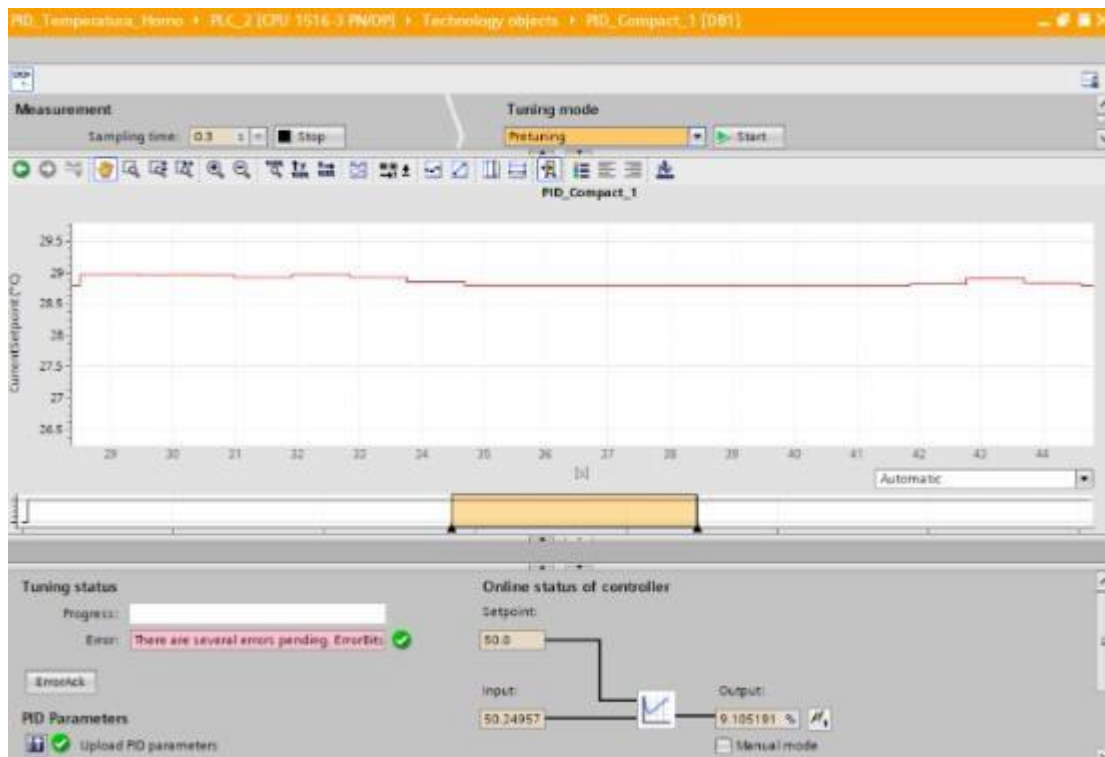
Grafica de 50° en HMI



Nota. Se visualiza la estabilización de la gráfica después de 1 minuto.

Figura 38.

Gráfica en 50° Tuning mode

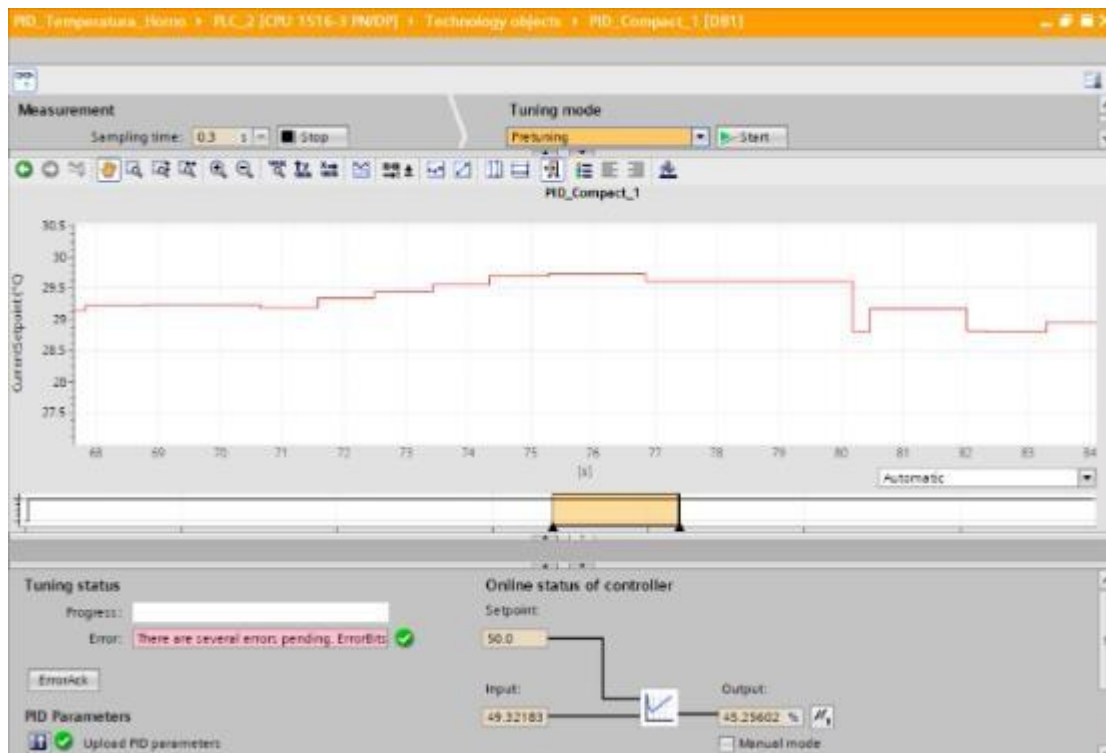


Nota. Se visualiza la distorsión de la gráfica de la salida.

En la figura 39, se muestra en la ventana principal de parámetros del PID el comportamiento de las señales de entrada y salida del PID al establecer un setpoint de 50° y aplicar una perturbación al abrir la puerta del horno durante un minuto.

Figura 39.

Prueba de 50° del prototipo con perturbación.

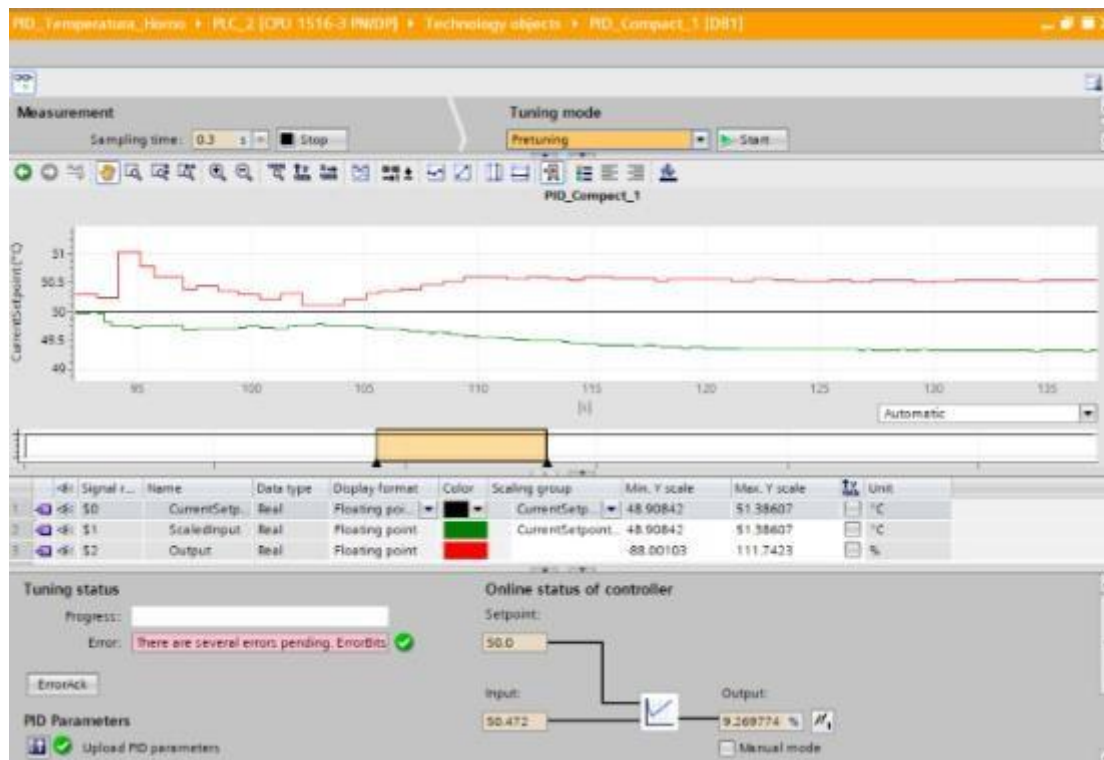


Nota. Se observa el comportamiento que tiene al cambio de temperatura que se está requiriendo.

En la figura 40, se puede observar en la pantalla HMI el comportamiento de las señales de entrada y salida del PID al establecer un setpoint de 50°, donde la señal de salida del PID se aproxima a la señal de entrada.

Figura 40.

Grafica con Pretuning mode.

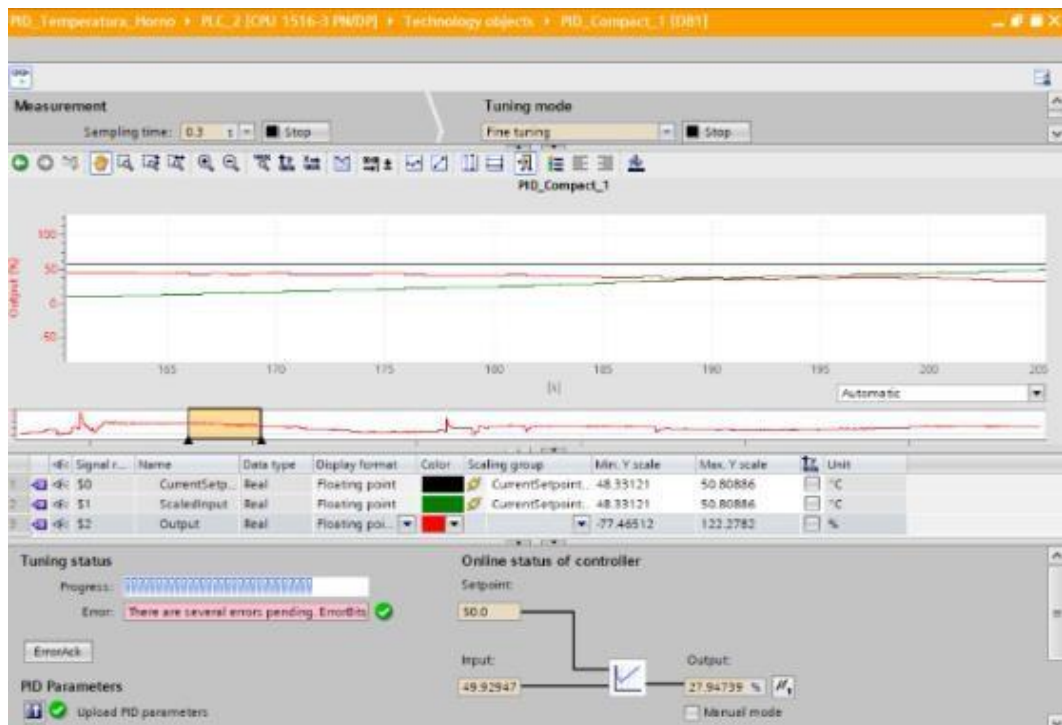


Nota. Se puede observar cómo se va acercando al setpoint ingresado.

En la figura 41 se puede observar en la pantalla de parámetros el comportamiento de las señales de entrada y salida del PID se acerca más al setpoint durante el proceso de fine tunig. En la figura 42, se muestra también la gráfica del PID con la perturbación causada por la tapa abierta.

Figura 41.

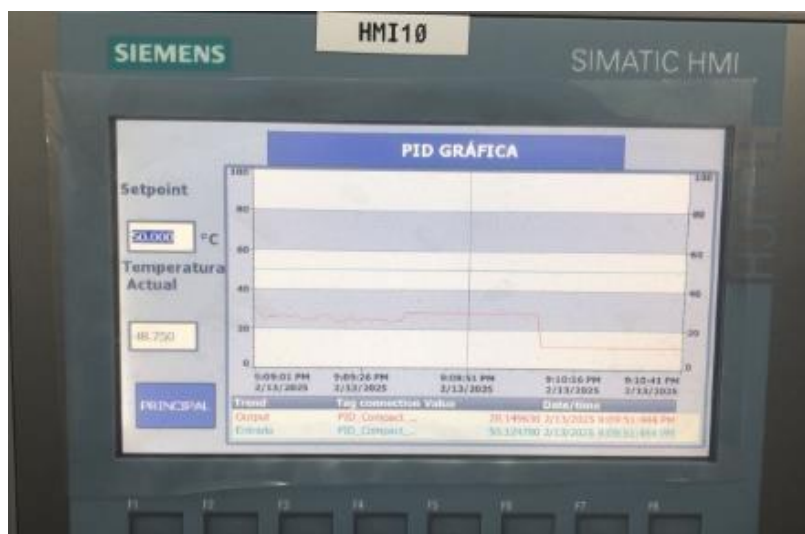
Grafica con fine tuning



Nota. Se visualiza como poco a poco se va estabilizando con el proceso de fine tuning.

Figura 42.

Grafica de PID con la tapa abierta



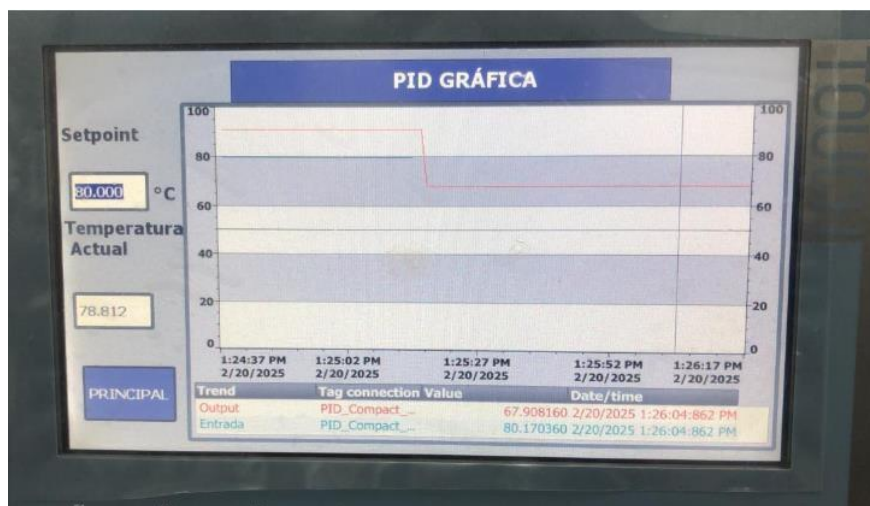
Nota. Se observa cómo se va estabilizando poco a poco la gráfica.

Prueba con 80° de Temperatura:

En la figura 43, figura 44 y figura 45 se presenta una ventana con las gráficas del PID, que permite observar el comportamiento al ajustarse a una temperatura de 80°.

Figura 43.

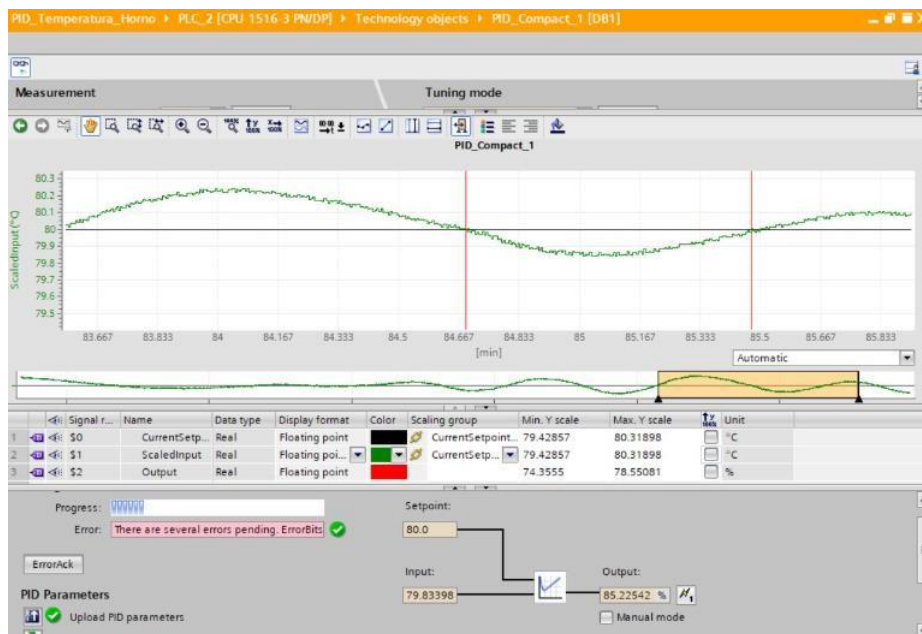
Gráfica de 80° en HMI.



Nota. Se observa que si se logra estabilizar la gráfica.

Figura 44.

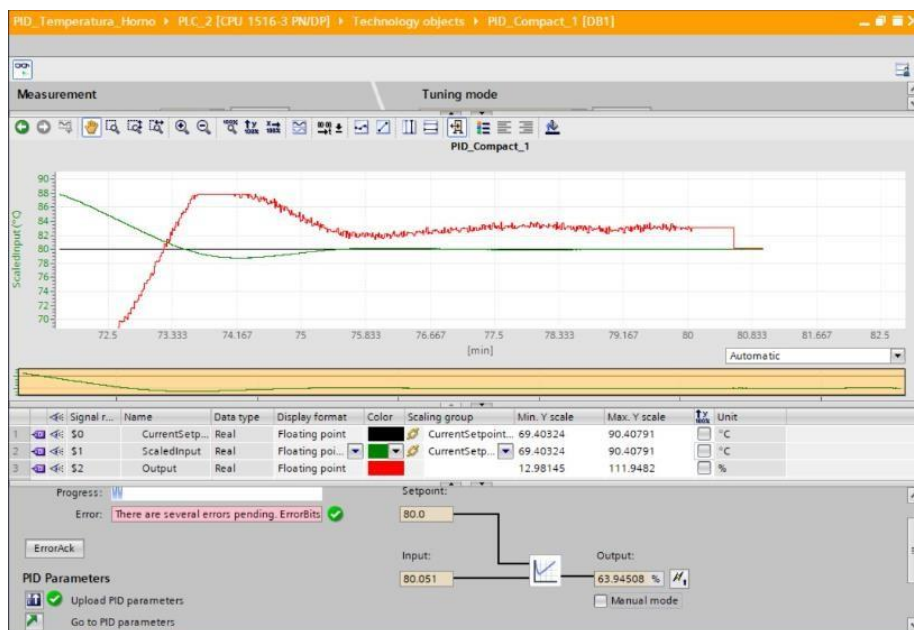
Captura desde el programa de la gráfica en 80°.



Nota. Se observa que llega a estabilizar el PID con la temperatura de 80°.

Figura 45.

Captura de la gráfica con 80°

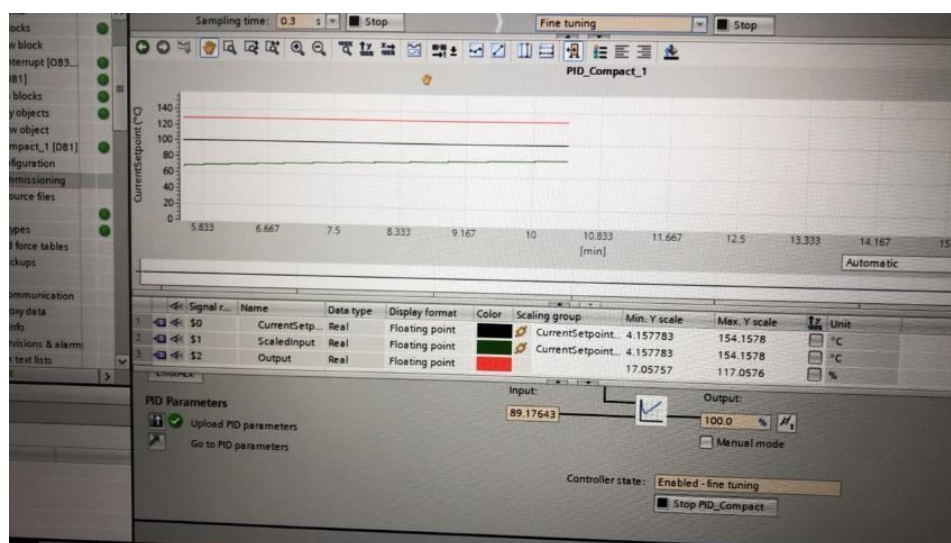


Nota. Se observa que alcanza la temperatura requerida y se logra estabilizar la gráfica.

Fallas del Prototipo de Horno Industrial

Figura 46.

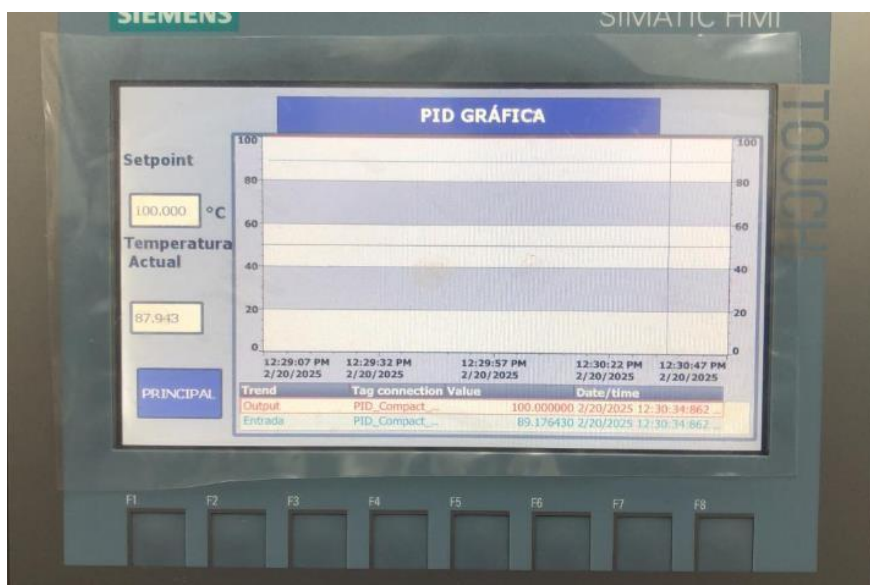
Grafica de PID con fine Tuning falla



Nota. Se observa del setpoint de la salida, aplicado al fine tuning.

Figura 47.

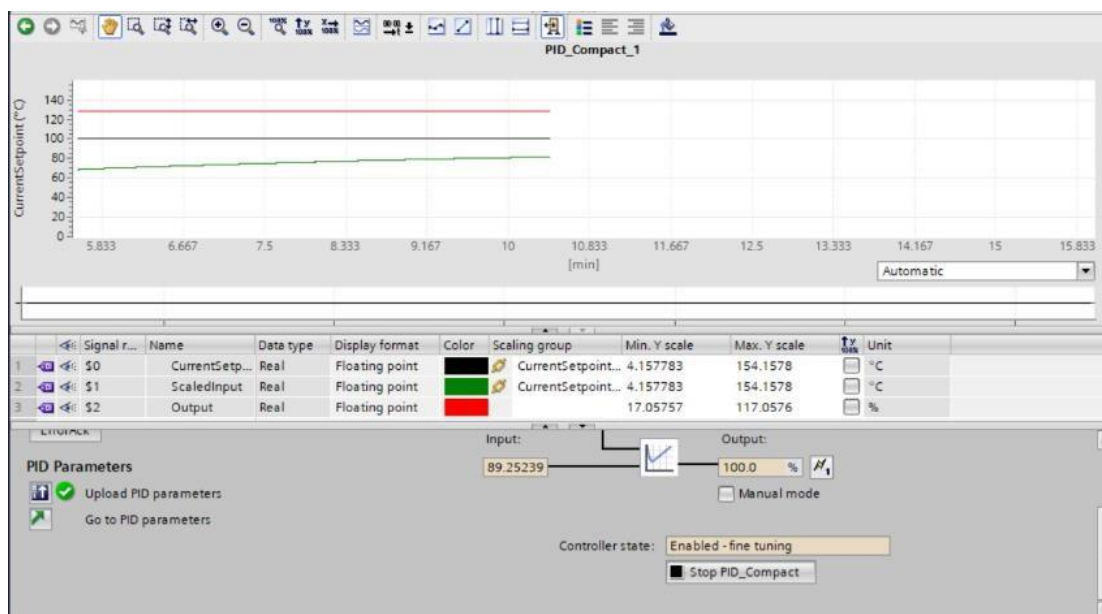
Gráfica con setpoint de 100 grados en pantalla HMI.



Nota. No se logra visualizar la señal de entrada además al ingresar el setpoint de 100 grados se demora en estabilizar la temperatura, logrando alcanzar una temperatura máxima de 87 grados.

Figura 48.

Captura desde el programa de la gráfica de falla.



Nota. Se observa que no llega a la temperatura adecuada debido a la falla.

4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la tabla 1 se puede observar las actividades realizadas durante el Periodo 65

Tabla 1.

Cronograma de actividades del proyecto técnico.

	Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación de características del prototipo	X	X	X	X								
Diseño del controlador PID en el PLC					X	X	X	X				
Diseño de la interfaz HMI								X	X	X		
Implementación del prototipo						X	X	X	X	X		
Pruebas en módulos didácticos										X	X	X

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que se realizaron cada una de las etapas, junto con sus respectivas actividades.

5. PRESUPUESTO

A continuación, en la tabla 2 se especifica el costo de los materiales que se emplearán en la elaboración del prototipo del horno.

Tabla 2.

Tabla de presupuesto

Descripción de materiales	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Tiempo de ingeniería (Horas)	60	\$ 2,87	\$ 172,2
Relé solido	1	\$ 13	\$ 13
Mini Horno(desarmable)	1	\$ 65	\$ 65
Sensor PT100	1	\$ 14	\$ 14
Transmisor de Temperatura	1	\$ 10	\$ 10
Cable, Terminales, resistencias,	1	\$ 5	\$ 5
TOTAL			\$ 279.2

Nota. En esta tabla se detallan los gastos que se realizaron para el desarrollo del proyecto técnico.

6. CONCLUSIONES

- ❖ Se diseñó la programación en el software TIA Portal, se logró programar los bloques de normalizado y escalado, asegurando su funcionamiento. La programación fue adecuada para cumplir cada fase del proceso requerido.
- ❖ Se logró implementar una interfaz gráfica en HMI donde se ofreció una visualización clara de los elementos del sistema de control de temperatura del prototipo. Además, se diseñó una ventana para visualizar las gráficas del comportamiento del PID.
- ❖ Se implementó el prototipo adecuadamente en el módulo didáctico del laboratorio de Automatización II, se realizaron pruebas con el PLC S7-1500 y el HMI para su correcto funcionamiento.

7. RECOMENDACIONES

- ❖ Previo al diseño del sistema es importante definir claramente los parámetros de control que se utilizarán en el sistema PID.
- ❖ A la hora de realizar las conexiones es importante identificar bien los componentes y etiquetarlos para reconocer cada componente y revisar el diagrama de conexiones del horno industrial realizado.
- ❖ Es importante tener en cuenta los materiales que se van a usar en caso de modificación del horno industrial, al ser de materiales plásticos estos pueden llegar a derretirse.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astrom. (2019). Obtenido de <https://www.watlow.com/es-es/industries-we-serve/foodservice/ovens/oven-temperature-controllers.com>
- Bolton. (2015). Obtenido de <https://images.app.goo.gl/b3AQ1LL7N636bWhH7>
- Coronel, A. (2024). *Almacen Aracos* . Obtenido de <https://almacenesarcos.com/producto/horno-tostador-alton-14l-1200w-negro-tro-1400/>
- Darf. (2017). *Darf*. Obtenido de <https://www.watlow.com/es-es/industries-we-serve/foodservice/ovens/oven-temperature-controllers.com>
- Elmer, E. (2019). *Repositorio Institucional*. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6628.com>
- Fernández, A. R. (2021). *repository*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/42373/3/aruizfe.pdf.com>
- fujielectric. (2023). *fujielectric*. Obtenido de https://gimeco.com/es/hornos/?utm_source=chatgpt.com
- Greenergy. (2020). *Greenergy*. Obtenido de <https://www.jumo.es/web/applications/thermoprocess-technology/continuous-heat-treatment-process/continuous-furnace/power-control.com>
- Hermosillo, S. (2018). *rinacional*. Obtenido de https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5146/1/112_MIE_Hilario%20Mayboca%20Araujo.pdf.com
- Isaac. (2020). *Hardwarelibre* Obtenido de [Relé de estado sólido: qué es y qué ventajas ofrece](#)
- Jiménez-Ceciliano, P. J. (9 de Junio de 2015). *dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5109192.pdf.com>
- Kusitest. (s.f.). Obtenido de <https://images.app.goo.gl/CuHW72mUhxt5JMDLA>
- Michelle, F. (2016). *Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13082.com>

Monfort. (4 de Agosto de 2020). Monfort. Obtenido de Monfort: <https://www.agrobot.com/>

Ogata. (2020). Obtenido de

http://docs.znu.ac.ir/members/pirmohamadi_ali/Control/Katsuhiko%20Ogata%20_%20Modern%20Control%20Engineering%205th%20Edition.pdf

Palomares, R. J. (2024). Obtenido de <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v20i21.6640>

SIEMENS. (2023). *Siemens Industry Software*. Obtenido de <https://www.siemens.com>

SRC. (2024). Obtenido de <https://images.app.goo.gl/HneGFkY3a4YgDULC9>

9. ANEXOS

Figura 49.

Información del horno utilizado



Nota. Se averiguo información del horno para escoger la base adecuada para empezar a trabajar en el mismo.
Imagen obtenida de (Coronel, 2024).

Figura 50.

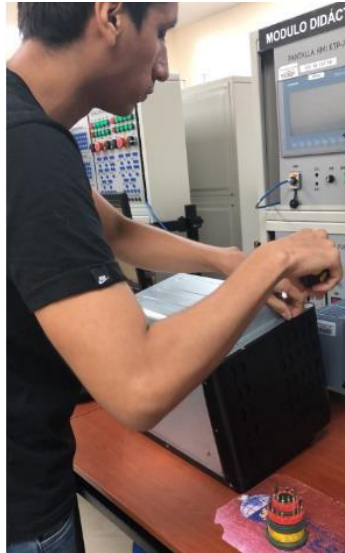
Se obtuvo el Horno



Nota. Se compro el horno para después modificarlo

Figura 51.

Modificación del horno



Nota. El estudiante desarma el horno para su respectiva identificación de los componentes que ya vienen integrados.

Figura 52.

Perforaciones del horno



Nota. La estudiante obtuvo medidas para realizar las perforaciones, después se realizan sus respectivas perforaciones.

Figura 53.

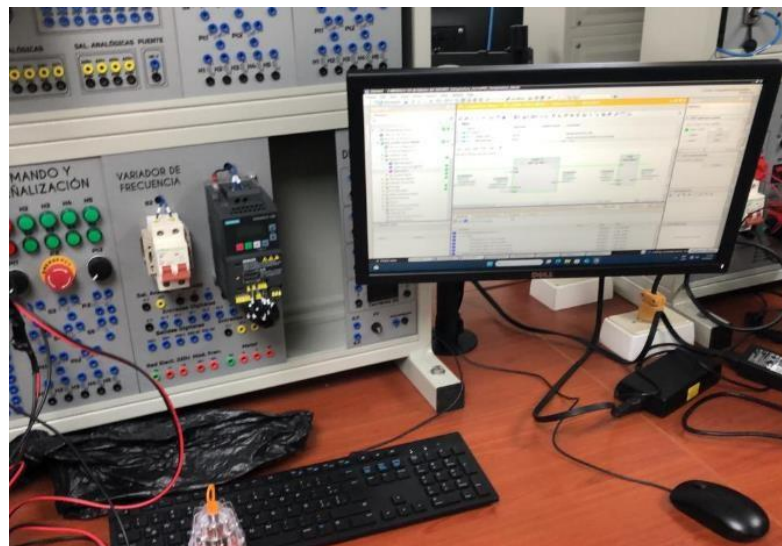
Identificación y conexión.



Nota. Se visualiza las conexiones ya identificadas y parte de la conexión ya realizada.

Figura 54.

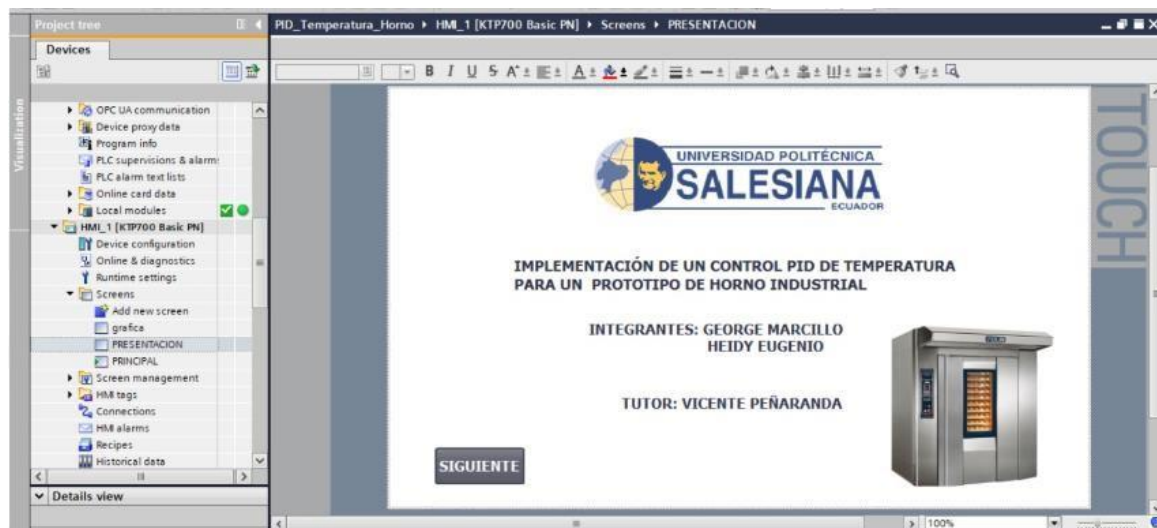
Parte de la programación realizada.



Nota. Se realizó la programación del TIA Portal antes de realizar las pruebas y el funcionamiento con el prototipo.

Figura 55.

Pantalla principal del HMI



Nota. Se realizo una ventana en el Programa TIA Portal que se observara en el HMI una vez se simule y pasen los datos al HMI.

Figura 56.

Segunda Pantalla del HMI



Nota. Se visualiza la temperatura en la que se encuentra el Horno.

Figura 57.

Tercera Pantalla del HMI.



Nota. Se visualiza la graficas que da el PID.

Figura 58.

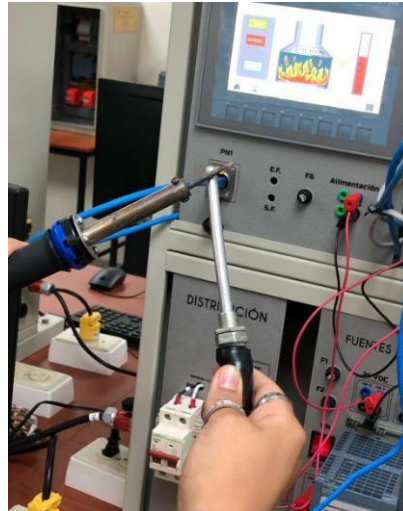
Pruebas del sensor PT100



Nota. Se conectó una resistencia de 500Ω al transmisor de temperatura para mejor medida de la temperatura.

Figura 59.

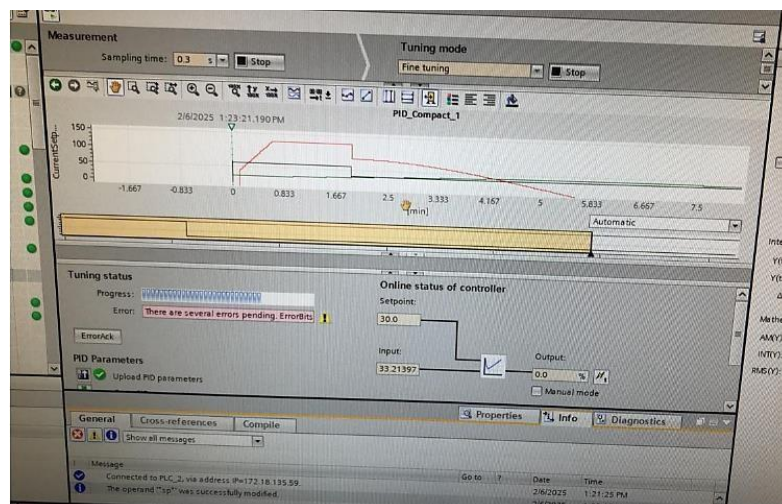
Cautín con sensor PT100.



Nota. Se calentó el sensor PT100 con un cautín para realizar las pruebas de su correcto funcionamiento.

Figura 60.

Grafica del PID de la prueba realizada.



Nota. Se visualiza el comportamiento que tuvo las gráficas del PID al calentar el sensor PT100 con cautín.

Figura 61.

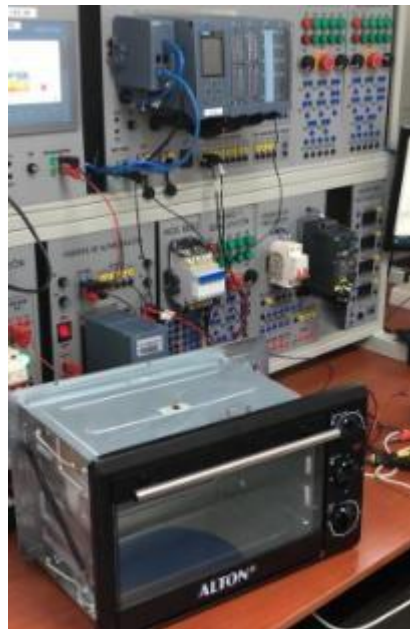
Cambio ajustes en el PID.



Nota. Se probó con diferentes setpoint para ver el comportamiento al tener esos cambios de temperatura

Figura 62.

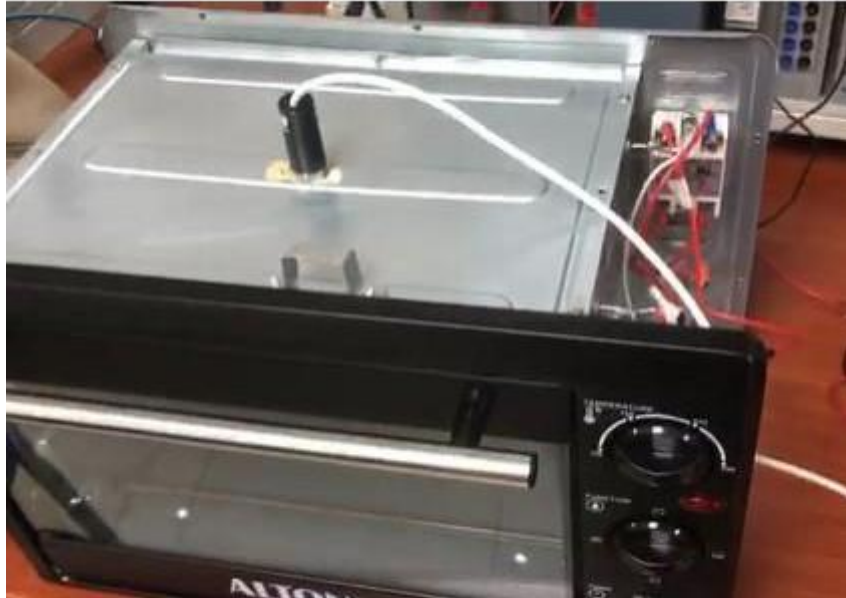
Se superviso que las conexiones realizadas.



Nota. Se superviso las conexiones para proceder a la prueba con el sensor PT100.

Figura 63.

Prueba con el Horno y la PT100



Nota. Se visualiza el sensor ya conectado con el Horno para previamente probar su correcto funcionamiento.

Figura 64.

Horno ya armado y funcionando.



Nota. Se visualiza el horno ya realizado y con el control PID ya funcionando correctamente.

Guayaquil, 24 de febrero del 2025

Ing. Orlando Barcia, Msc.

Director de Carrera de Electrónica y Automatización.

De mis consideraciones:

Yo, Vicente Peñaranda, portador de la cédula de ciudadanía No. 0916113426 tutor de trabajo de titulación "IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL PID DE TEMPERATURA EN UN PROTOTIPO DE HORNO INDUSTRIAL", informo la calificación al Trabajo de Titulación de los estudiantes de la Malla Ajuste: EUGENIO RAMIREZ HEIDY LISSETH y MARCILLO MACANCELA GEORGE HENRY

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. Vicente Peñaranda.

Docente Tutor.

