



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE
TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”**

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

Autores:

López Herrera Joseph Michael

Vargas Soria Luis Esteban

Tutor Académico:

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

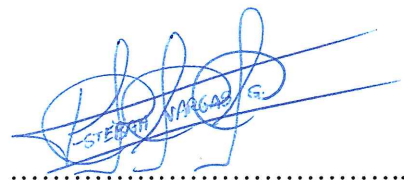
Nosotros, López Herrera Michael Joseph y Vargas Soria Luis Esteban, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”**, siendo el Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



López Herrera Michael Joseph

C.I. 180475355-4



Vargas Soria Luis Esteban

C.I. 050249723-3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor de la siguiente propuesta tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”, de los ponentes: López Herrera Joseph Michael y Vargas Soria Luis Esteban, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe tecnológico cumple con los requisitos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2021



.....
Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

C.I.050234776-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: López Herrera Joseph Michael y Vargas Soria Luis Esteban, con el título de proyecto de titulación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2021

Para constancia firma:

.....

Lector 1 (Presidente)

Ing. Freire Martínez Luigi Orlando M.Sc.

C.I. 050252958-9

.....

Lector 2

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez M.Sc.

C.I. 050311373-0

.....

Lector 3

Ing. Luis Miguel Navarrete López M.Sc.

C.I. 180374728-4

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Agosto del 2021

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

Docente de la Universidad técnica de Cotopaxi

Presente. -

En calidad de Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”**, implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de **Ingeniería Electromecánica**; López Herrera Michael Joseph con CI: 180475355-4 y Vargas Soria Luis Esteban con CI: 050249723-3.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente,



.....
Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

C.I.050234776-8

Docente de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y por darme la oportunidad de seguir adelante en todos los retos que me he propuesto, a mi padres Luis y María que son mis pilares fundamentales en mi vida los que han brindado un apoyo incondicional a pesar de todas las adversidades que me ha pasado en mi vida, estoy muy agradecido por el apoyo que me han dado en mi formación profesional y por guiarme siempre para ser una buena persona siempre, a mi hermana y hermano que siempre han estado apoyándome en toda esta etapa y también doy gracias a mis amigos que siempre han estado en momentos buenos y malos dándome ánimos para cumplir esta gran meta de ser un profesional.

Agradecer también a los docentes que me formaron durante todo el tiempo que duró mi paso por la universidad gracias por impartir sus conocimientos los cuales sirvieron para formarme como profesional.

A todos y todas ustedes muchas gracias y muchas bendiciones.

Michael.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, Luis y María por todo el sacrificio que han hecho para cumplir este proceso de ser un profesional también por todo su apoyo incondicional y por todas las palabras de aliento para nunca rendirme y seguir adelante en los momentos difíciles, porque gracias a ellos aprendí desde mi niñez que pese a los problemas que tengas siempre debes luchar y dar lo mejor de ti para lograr tus sueños todo esto siendo una buena persona y haciendo las cosas de una manera honrada.

A mis hermanos, Jessica y Joshua por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles y ser un pilar importa en mi vida.

A mi sobrina, Melanie por llenar mi vida de felicidad con sus ocurrencias y locuras.

Y a toda mi familia y amigos que me apoyaron en esta faceta de mi vida muchas gracias.

Michael.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios principio y fin de nuestras vidas, a mis queridos y abnegados padres Carlos y Narcisa, que son parte fundamental en mi crecimiento personal y profesional, a mi familia por su apoyo incondicional, a mis hermanos Mauricio y Johana por ser fuente de inspiración, motivación y a la vez por el apoyo brindado en el trascurso de mi formación académica; a la Universidad Técnica de Cotopaxi, al Cuerpo Docente de la Carrera de Ingeniería Electromecánica quienes fueron partícipes del proceso enseñanza aprendizaje, en especial al Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. y en general a cada una de las personas que fueron parte de mi éxito.

Esteban.

DEDICATORIA

Los triunfos en la vida se logran a base de trabajo y superación constante; por tal motivo este trabajo de Titulación va dedicado a cada una de las personas que de una y otra manera fueron fuente de motivación e inspiración para que mi trabajo haya sido un éxito.

Esteban.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN:.....	1
2.1 EL PROBLEMA:	1
2.1.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA:.....	2
2.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	3
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.3.1 Objeto de Estudio	3
2.3.2 Campo de Acción	3
2.4 BENEFICIARIOS:	3
2.5 JUSTIFICACIÓN:.....	3
2.6 HIPÓTESIS	4
2.7 OBJETIVOS.....	4
2.7.1 General:	4

2.7.2 Específicos:.....	4
2.8 SISTEMA DE TAREAS	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:	6
3.1 ANTECEDENTES	6
3.2 SISTEMAS DE CONTROL.....	7
3.2.1 Sistemas de Control en Lazo Abierto.	8
3.2.2 Sistemas de Control en Lazo Cerrado.	8
3.3 PROCESOS DE TEMPERATURA	9
3.3.1 Dinámica de un Proceso de Temperatura	9
3.3.2 Procesos Autorregulados	10
3.3.3 Diseño de Controladores Clásicos.....	11
3.4 MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID.....	15
3.4.1 MÉTODO DE ZIEGLER- NICHOLS	15
3.4.2 MÉTODO DE COHEN – COON.....	18
3.4.3 MÉTODO DE SINTONIZACIÓN LAMBDA	19
3.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES	20
3.5.1 COMUNICACIÓN SERIAL.....	20
3.5.2 COMUNICACIÓN MODBUS.....	21
3.5.3 COMUNICACIÓN ETHERNET	22
3.5.4 COMUNICACIÓN PROFIBUS.....	23
3.5.5 COMUNICACIÓN PROFINET.....	24
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	26
4.2. DISEÑO DEL HORNO DE TEMPERATURA.....	26
4.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	26
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	28
4.4 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL	38

4.4.1 OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS PID.....	38
4.4.2 DESARROLLO DEL CONTROL PID EN TIA PORTAL.....	42
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
5.1 MÓDULO DE HORNOS DE TEMPERATURA.....	51
5.2 COMUNICACIÓN ENTRE LA RED ETHERNET Y EL SISTEMA SCADA	51
5.3 PRUEBA DEL CONTROL PID DE TEMPERATURA Y SUS VARIANTES.....	51
5.3.1 PRUEBA DE CONTROL ANÁLISIS TEMPERATURA HORNO 1	51
5.3.2 PRUEBA DE CONTROL ANÁLISIS TEMPERATURA HORNO 2	56
5.4 COMPARACIÓN DEL HORNO 1 Y HORNO 2.....	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
7. BIBLIOGRAFÍA	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Componentes Básicos de un Sistema de Control.....	7
Figura 3.2. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo abierto.	8
Figura 3.3. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado.	8
Figura 3.4. Dispositivos utilizados para medir un proceso de temperatura.....	9
Figura 3.5. Respuesta dinámica de un dispositivo de medición temperatura en función del tiempo.....	10
Figura 3.6. Gráfica de equilibrio de una señal autorregulada.....	11
Figura 3.7. Comportamiento del nivel y de la válvula solenoide en función del tiempo.	11
Figura 3.8. Diagrama de bloque de un control PID.....	12
Figura 3.9. Curva de una acción proporcional K_p de un control PID.	13
Figura 3.10. Curva de una acción proporcional T_i de un control PID.	14
Figura 3.11. Curva de una acción derivativa T_d de un control PID.....	14
Figura 3.12. Sistema de control con un escalón	15
Figura 3.13. Señal de respuesta de un sistema de control	16
Figura 3.14. Lazo cerrado.....	17
Figura 3.15. Transmisión de datos en serie	20
Figura 3.16. Transmisión de datos en serie.	21
Figura 3.17. Comunicación Ethernet.....	23
Figura 3.18. Estaciones Profibus	24
Figura 3.19. Comunicación Profinet.....	25
Figura 4.1. Diseño en 3D del horno de temperatura.....	26
Figura 4.2. Estructura metálica del horno de temperatura.....	27
Figura 4.3. PLC S7-1200 AC/DC/RLY.....	28
Figura 4.4. Modulo expensor de salidas analógicas.....	30
Figura 4.5. Sensor de temperatura Pt-100.	32
Figura 4.6. Conexión de transmisor inteligente a Pt-100.	33

Figura 4.7. Sensor termopar tipo K.	34
Figura 4.8. Conexión de transmisor inteligente a termopar tipo K.	35
Figura 4.9. Resistencia tubular.	36
Figura 4.10. Circuito de control fase.	36
Figura 4.11. Señal del osciloscopio del circuito de control.	37
Figura 4.12. Placa del sistema de control de carga.	37
Figura 4.13. Programación de Arduino.	38
Figura 4.14. Control PID de temperatura horno 1.	39
Figura 4.15. Control PID de temperatura horno 2.	40
Figura 4.16. Conexión transmisor inteligente a PLC.	41
Figura 4.17. PLC S7-1200 y módulo de salidas analógicas.	42
Figura 4.18. Bloque de adquisición de datos de temperatura.	43
Figura 4.19. Bloque de la variable de proceso.	43
Figura 4.20. Bloque de recepción de datos Ignition.	44
Figura 4.21. Control de encendido y apagado del ventilador.	44
Figura 4.22. Envío de datos de la red.	45
Figura 4.23. Bloque de envío de datos a Ignition.	45
Figura 4.24. Bloque de activación pulsos de envío y recepción de datos.	46
Figura 4.25. Escalamiento de la señal análoga.	46
Figura 4.26. Configuración parámetros control PID.	47
Figura 4.27. Diagrama control de temperatura de dos hornos.	48
Figura 4.28. Pantalla principal del SCADA.	49
Figura 4.29. Control de las Variables de temperatura.	50
Figura 4.30. Reportes de la temperatura de los hornos.	50
Figura 5.1. Panel frontal sistema SCADA horno 1.	52
Figura 5.2. Comportamiento de variables de temperatura horno 1.	52
Figura 5.3. Cámara termográfica 100°C.	53

Figura 5.4. Datos obtenidos representados setpoint 100°C.....	55
Figura 5.5. Valor de voltaje del trasmisor setpoint 100°C.	56
Figura 5.6. Panel frontal sistema SCADA horno 2.	56
Figura 5.7. Comportamiento de variables de temperatura horno 2.	57
Figura 5.8. Cámara termográfica 80°C.....	57
Figura 5.9. Datos obtenidos representados setpoint 80°C.....	59
Figura 5.10. Valor de voltaje del trasmisor setpoint 80°C.	60
Figura 5.11. Panel frontal de los dos hornos de temperatura.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Tabla de sintonía de Ziegler- Nichols en lazo abierto.....	16
Tabla 3.2. Valores determinados por Ziegler- Nichols.	17
Tabla 3.3. Valores ganancia crítica y tiempo crítico determinados por Ziegler- Nichols....	18
Tabla 3.4. Tabla de ajuste de los parámetros de un PID propuesto por Cohen-Coon.....	19
Tabla 4.1. Dimensión, peso y tolerancia del material.	27
Tabla 4.2. Dimensión, peso y tolerancia del material.	29
Tabla 4.3. Datos generales del módulo de expansión SB 1232 SIEMENS.....	31
Tabla 4.4. Parámetros del PID de temperatura calculados.	39
Tabla 4.5. Parámetros del PID horno 2 calculados.....	41
Tabla 4.6. Elementos del diagrama de control.	48
Tabla 5.1. Reportes de las variables con setpoint de 100°C.....	54
Tabla 5.2. Reportes de las variables con setpoint de 80 °C.....	58

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”

Autores: López Herrera Michael Joseph

Vargas Soria Luis Esteban

RESUMEN

El control de procesos industriales es una de las áreas que hoy en día toman gran importancia debido al auge de la automatización, aplicados maquinarias y equipos tecnológicos que utilizan software con el objetivo de realizar todo tipo de proceso en producción. La presente propuesta plantea la implementación de un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red Ethernet, a fin de desarrollar habilidades prácticas en profesionales para realizar la supervisión y control de procesos de temperatura empleando redes de comunicación Ethernet. Además el presente proyecto se realizó con la finalidad de que cada uno de los estudiantes puedan estar en un entorno familiar con un proceso industrial cuando fuese implementado, esto a su vez permitirá acceder a conocer, la configuración, las conexiones eléctricas, el control y monitoreo de variables a manipular y a su vez que conforman el sistema de control automático, lo cual permitirá que puedan desarrollarse en la formación adquiriendo conocimientos más con respecto a los sistemas de control, ya que en su etapa profesional se encontrarán con diferentes procesos y tipos de instrumentación y automatización.

Para ello se realiza la construcción de dos hornos que tienen como elemento calefactor una resistencia tubular y con la ayuda de dos PLC se tiene el control de cada uno de ellos a través de una red Ethernet para visualizar sus parámetros mediante el desarrollo de un sistema SCADA implementado en Ignition, y como resultado se realiza las comparaciones y el comportamiento de las variables de temperatura.

Palabras Claves: Implementación, Automatización, SCADA, Ethernet, Procesos industriales.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”

Authors: López Herrera Michael Joseph

Vargas Soria Luis Esteban

ABSTRACT

Currently, the control of industrial processes is one of the areas that they take great relevance due to the rise of automation by applying machinery and technological equipment that use software in order to carry out all types of production process. The current proposal suggests the application of a SCADA system for the temperature control of two furnaces through an Ethernet network to develop practical skills in the professional field, and conduct the monitoring and control of temperature processes by employing Ethernet communication networks. Furthermore, this present project was focused on each student because they can be in a family environment with an industrial process during it may be executed. This research project will allow access to settings, electrical connections, control and monitoring of variables to be operated and that make up the automatic control system which will permit to improve qualified skills by acquiring more knowledge according to the control systems. Thus, in their professional stage they will face with several procedures and sorts of instrumentation and automation.

Therefore, two furnaces are built with a tubular resistance as heating element by using two PLCs they have control of each of them through an Ethernet network to observe their parameters by developing a SCADA system implemented in Ignition, and as a result comparisons and behavior of temperature variables will be performed.

Keywords: Performance, Automation, SCADA, Ethernet, Industrial Processes.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”**, presentado por: **López Herrera Michael Joseph y Vargas Soria Luis Esteban**, egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, julio del 2021

Atentamente,



MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252



El avalado es válido para:
MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTE



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red Ethernet.

Fecha de inicio: 05/04/2021

Fecha de finalización: 10/08/2021

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Ninguno

Equipo de Trabajo:

- Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. (TUTOR).
- Michael Joseph López Herrera
- Luis Esteban Vargas Soria

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización.

Línea de investigación:

Procesos Industriales.

Sublínea de investigación de la Carrera:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

2. INTRODUCCIÓN:

2.1 EL PROBLEMA:

Debido a la carencia de habilidades en el manejo de instrumentos de medición modernos de temperatura al realizar prácticas profesionales, se ve la necesidad de realizar un sistema de control automático para el manejo de un proceso de temperatura a través de una red Ethernet entre dos Controladores Lógicos Programables.

2.1.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA:

Con el pasar del tiempo la revolución industrial, fue la parte primordial que generó que los procesos vayan evolucionando, pasando de una industria artesanal a la realización de procesos en serie con la ayuda de máquinas y herramientas modernas, debido al desarrollo económico y al sin número de avances tecnológicos y científicos que hoy en la actualidad se utilizan. Todo este desarrollo fue ocasionado debido a que los clientes pedían que los productos realizados por un proceso sean de mayor calidad y que tengan mejores descripciones técnicas.

Esto generó que la industria se vuelva más competitiva obligando a que un proceso adopte el uso de las nuevas tecnologías para poder sobresalir en el mercado global que cada día se vuelve más competitivo.

Es aquí donde se desarrolla una nueva etapa de realizar procesos de control automático con el fin de cumplir el objetivo de mejor calidad y competitividad adoptando las nuevas tecnologías como son los ordenadores y computadores que dieron los primeros pasos a la automatización de procesos de control con la finalidad de ahorrar tiempos , recursos y costos al momento de realizar actividades automáticas en donde se han fabricado máquinas que en base a una programación toma decisiones por sí sola de acuerdo a instrucciones específicas.

Siendo imposible alcanzar una visión global del desarrollo de un proceso automático y la importancia de la automatización debido a que cada día se van innovando y creando nuevas tecnologías que hacen que un proceso sea más optimizado y mejorado.

Al implementar un sistema SCADA es necesario ver qué tipo de comunicación se debe utilizar debido que se quiere lograr un control considerando el tipo de enlace que se utiliza al momento de transportar los datos, las órdenes desde y hacia un lugar determinado. Aunque se diga que el operador es el que tiene la última decisión sobre las operaciones que realice este sistema siempre se debe tomar en cuenta la posibilidad que exista un fallo en la comunicación lo que significa que puede dejar fuera de servicio un proceso que se esté realizando es por eso que se debe analizar qué medio de comunicación se utilizará para realizar un proceso SCADA con el fin de que el operador pueda mejorar la interfaz en tiempo real teniendo acceso a las alarmas y variables que pueda obtenerse para poder combinarlas y presentarlas en un computador en donde el sistema se comporta de manera más amigable.

2.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

La carencia de habilidades prácticas en profesionales para realizar la supervisión y control de procesos de temperatura empleando redes de comunicación Ethernet.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto de Estudio

Control de dos hornos de temperatura.

2.3.2 Campo de Acción

Implementación de un sistema SCADA para el control de dos hornos de temperatura.

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación/3311.01 Tecnología de la Automatización.

2.4 BENEFICIARIOS:

Los beneficiarios directos son, la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la Carrera de Ingeniería Electromecánica, los docentes, estudiantes internos y externos de la Universidad Técnica de Cotopaxi que se vean interesados en la manipulación del módulo.

2.5 JUSTIFICACIÓN:

Para el desarrollo de procesos industriales es muy importante realizar el control de las distintas variables que participan en cada proceso y de esta manera obtener un trabajo óptimo. El proyecto presenta el control de dos hornos de temperatura mediante un sistema SCADA que permita manipular la temperatura interna del horno mediante un control automático, para esto se utiliza un controlador lógico programable PLC el mismo que ayudará a mantener la temperatura constante dentro del horno, (Process Value) en referencia al valor indicado del Set Point modificando para ello el Control Value.

Es por eso que mediante este proceso industrial se quiere obtener un control óptimo de los hornos con diferentes rangos de temperatura, donde el usuario pueda analizar los datos y el comportamiento de cada uno de los hornos, sus tendencias separadas en un sistema que se visualiza y manipula desde un computador.

Todos estos datos y variables de temperatura recibidos por una carga y censados por nuestros controladores serán manipulados por un sistema SCADA mediante el cual se podrá controlar los hornos y se observará sus valores de tendencia en diferentes escalas de temperatura el cual será conectado mediante una red Ethernet.

2.6 HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red Ethernet se podrá disponer de adquisición de datos y de mediciones en tiempo real centralizadas de los procesos desarrollados.

2.7 OBJETIVOS

2.7.1 General:

Implementar un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red ethernet.

2.7.2 Específicos:

- Investigar la dinámica de los procesos de temperatura, los sistemas SCADA, sus características y funcionalidad.
- Determinar cada uno de los componentes que son necesarios para la elaboración y control automático de los hornos de temperatura.
- Implementar el control de los procesos de temperatura mediante la red Ethernet y el sistema SCADA.
- Validar el funcionamiento, mediante la elaboración de una guía de práctica con el fin de efectuar el control automático del horno.

2.8 SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar la dinámica de los procesos de temperatura, los sistemas SCADA, su característica y funcionalidad.	<ul style="list-style-type: none">- Dinámica de los procesos de temperatura.- Características de los sistemas SCADA.	<ul style="list-style-type: none">-Procesos dinámicos de temperatura, funcionalidad y características de los sistemas SCADA claros.	<ul style="list-style-type: none">-Mediante metodología investigativa.- Revisión de tesis, libros y artículos científicos.

<p>Determinar cada uno de los componentes que son necesarios para la elaboración y control automático de los hornos de temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Principio de funcionamiento de cada uno de los componentes de los hornos. - Conocimiento de los parámetros de operatividad de dichos componentes. 	<p>-Parámetros de operatividad y funcionalidad de los componentes para la puesta a punto del módulo.</p>	<p>-Mediante revisión investigativa, fichas técnicas de cada componente a utilizar.</p>
<p>Implementar el control de los procesos de temperatura mediante la red Ethernet y el sistema SCADA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Programación del sistema SCADA de acuerdo a los parámetros solicitados. 	<p>-Desarrollo de un panel de control para manejar las variables respectivas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Software Ignition. -TIA PORTAL V15
<p>Validar el funcionamiento, mediante la elaboración de una guía de práctica con el fin de efectuar el control automático del horno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación del funcionamiento de los hornos de temperatura controlados por el sistema SCADA. 	<p>-Hornos de control de temperatura y Sistema SCADA totalmente operativo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Guías de operación del módulo. -Guías de prácticas en el módulo.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

3.1 ANTECEDENTES

En la presente propuesta tecnológica se tomó como antecedentes distintos documentos de pregrado, relacionados al tema, que son de suma importancia para comprender el principio de funcionamiento de un proceso industrial como es el control de temperatura de los hornos.

Se encontró información relevante en distintas Universidades afines a la Carrera de Ingeniería en Electromecánica como son:

En la Universidad Politécnica Salesiana, cuyo trabajo fue realizado por, Gómez Edgar y Paneluisa Daniel [1] bajo el tema “Diseño, Construcción e Implementación de un Módulo Didáctico para la Evaluación del Comportamiento de Sensores de Temperatura, Controlado Mediante PLC y monitoreado Mediante Intouch” en el año 2015, donde se describe la fundamentación teórica del sistema, proceso y modelo en el que se basa el módulo didáctico al igual que también se habla del control de temperatura que se implementó en el software TIA PORTAL con el fin de observar cómo se comportan en tiempo real cada uno de los elementos utilizados en la implementación de este tema.

De igual forma, en la Escuela Superior Politécnica Nacional, se encontró el trabajo realizado por, Arévalo Juan y Vicente Ramiro [2] bajo el tema “Rediseño y Construcción de un Sistema de Control de Temperatura para el Horno Eléctrico Resistivo del Laboratorio de Tratamiento Térmicos” en el año 2014, donde se habla sobre los tratamientos térmicos que se pueden aplicar en los hornos, al igual, de los algoritmos, programación utilizada en los sistemas de control PID y difuso visualizadas en un HMI.

En la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), se encontró el trabajo de titulación desarrollado por, Caicedo Jonathan y Zambrano Giovanni [3] con el tema “Sistema SCADA utilizando protocolos Industriales Ethernet, Modbus y Wireless para el monitoreo y Control de Procesos” en el año 2018, donde se integra los distintos protocolos de comunicación industrial y la instrumentación necesaria la mismas que serán utilizadas para adquirir y gestionar datos al SCADA mediante la comunicación industrial Ethernet.

Por otra parte, en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, se encontró el trabajo de Postgrado con el tema, “Análisis de la Administración Remota de un Sistema de Control de Procesos De Temperatura, Nivel, Presión “en el año 2019; realizado por Herrera Julio [4] donde se realiza diversos procesos industriales y de control automático los mismos que se

controlarán de manera remota y a la vez disminuyen gastos innecesarios en los procesos supervisados de temperatura control y presión.

De la misma manera, en la Revista Politécnica se encontró el artículo con el tema, “Diseño de Control de Temperatura con PLC y Sistema de Supervisión SCADA vía Ethernet” en el año 2009; realizado por Gómez Jorge [5] donde se describe un proceso de automatización con una aplicación de un sistema remoto SCADA mediante comunicación Modbus así poder controlar la temperatura a través de una red LAN.

Por otra parte, en la Universidad Autónoma de Puebla se encontró el siguiente proyecto con el tema, “Control de temperatura con PID”, en el año 2018, realizado por Muñoz Justine y Castolo Karla [6] donde se describe cómo se diseñó el sistema de control para la temperatura aplicando el método de sintonización de Ziegler – Nichols aplicado a una parrilla eléctrica.

Estos antecedentes tienen una referencia dentro del control y automatización de procesos industriales y por ende son un sustento de apoyo, guía para el desarrollo de este proyecto de titulación.

3.2 SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control está conformado por diferentes elementos que contienen y envían señales de salida en función de señales o datos de entrada. La principal función de un sistema es identificar el comportamiento de las señales de salida en relación a una variación de la señal de entrada. La relación entre la entrada y salida, permite acceder y predecir la respuesta del sistema y a la vez seleccionar una acción de control para mejorarla.

Se define a un sistema de control como el conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea, mediante una acción de control [7].

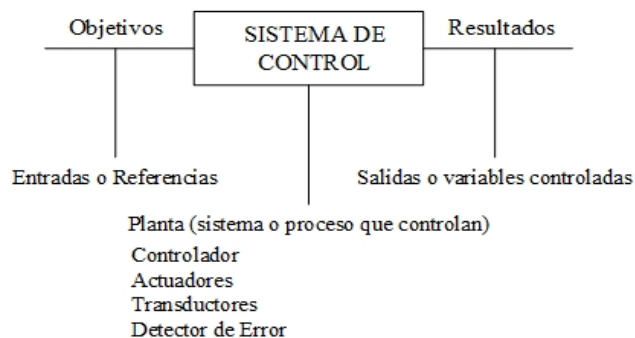


Figura 3.1. Componentes Básicos de un Sistema de Control [7].

3.2.1 Sistemas de Control en Lazo Abierto.

Los sistemas donde la salida no tiene consecuencia sobre la acción de control se llaman sistemas de control en lazo abierto. Se puede decir que en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada [7].

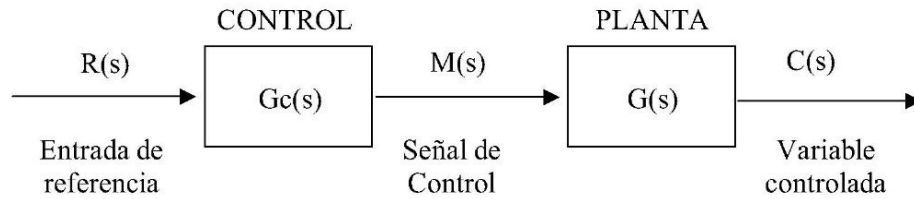


Figura 3.2. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo abierto [7].

3.2.2 Sistemas de Control en Lazo Cerrado.

Los sistemas de control realimentados o también denominados sistemas de control en lazo cerrado. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador donde la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (está puede ser la propia señal de salida o una función de la misma con sus derivadas o integrales), con la finalidad de reducir el error y transportar a la salida del sistema un valor deseado [7].

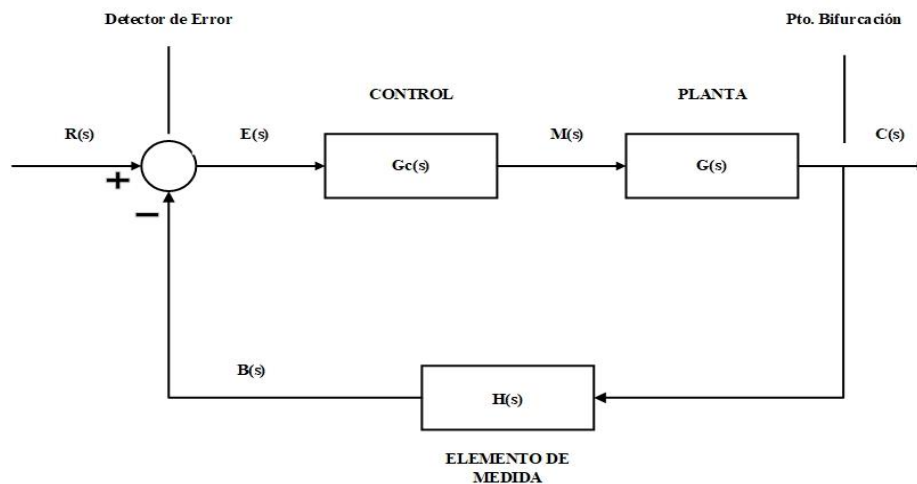


Figura 3.3. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado [7].

3.3 PROCESOS DE TEMPERATURA

Los procesos de temperatura se establecen como operaciones que causan cambios en la temperatura de un cuerpo y de la misma manera el cuerpo tiende a ser una sustancia o un material [8].

Cada proceso tiene su funcionamiento y estos son en modo de calefacción y refrigeración:

- **Modo de calefacción:** Se suma energía térmica a un cuerpo con el fin de incrementar su temperatura.
- **Modo de refrigeración:** Se quita energía térmica de un cuerpo con el fin de reducir su temperatura.

En cualquiera de estos casos, el dispositivo que se use para el intercambio de calor se usara para transferir energía térmica de un cuerpo a otro.

3.3.1 Dinámica de un Proceso de Temperatura

Para entrar a la dinámica de un proceso de temperatura se debe tener en cuenta que esta no puede medirse directamente, sino que esta debe inferirse a los efectos que tienen sus cambios en base a la cantidad de variación en la temperatura. Un breve ejemplo de una cantidad termométrica es la resistencia eléctrica de un metal.

Es por eso que para en la figura 3.4 se muestran los elementos más comunes que se utilizan para medir procesos industriales de temperatura.

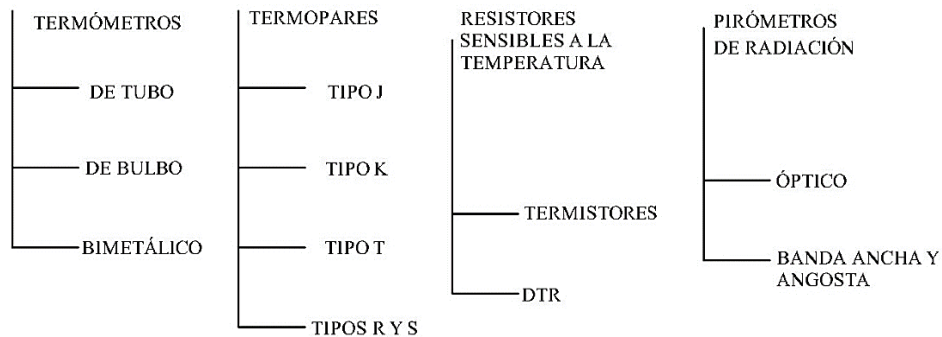


Figura 3.4. Dispositivos utilizados para medir un proceso de temperatura [8].

Cuando se habla del aspecto dinámico en un proceso de temperatura se está refiriendo a la calidad que tiene un dispositivo de medición de temperatura bajo las condiciones transitorias

de reacción es decir que tan rápido este dispositivo tendrá un cambio de escalón en la medida tomada. Una de las características dinámicas se encuentra en el tiempo muerto, la constante de tiempo y el tiempo de elevación.

Las características dinámicas de un dispositivo de medición de temperatura se pueden establecer creando un cambio inesperado (escalón) en la temperatura medida. El rango de la señal creada por el dispositivo de medición de temperatura se anota luego con respecto al tiempo

En la figura 3.5. muestra una respuesta dinámica de medición en función del tiempo con la temperatura:

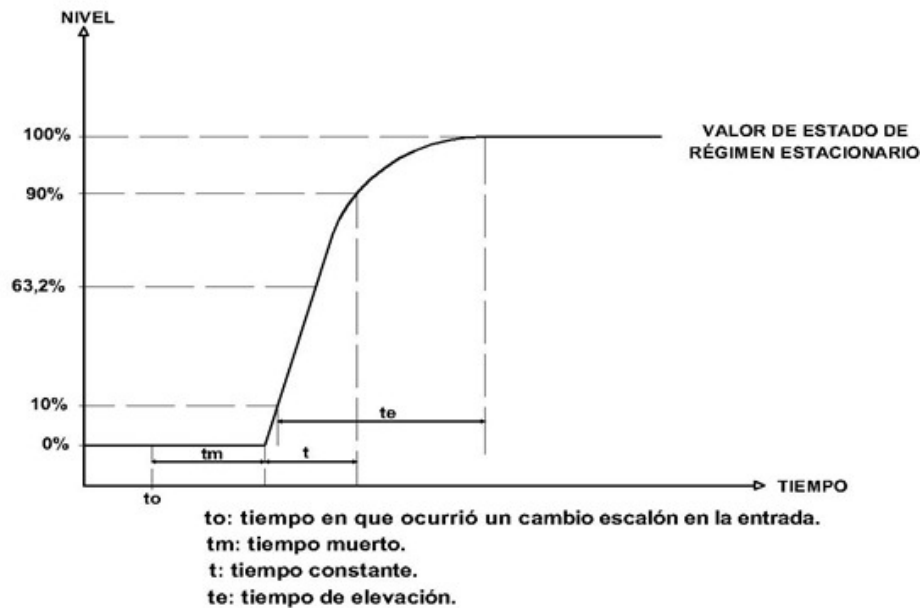


Figura 3.5. Respuesta dinámica de un dispositivo de medición temperatura en función del tiempo [8].

3.3.2 Procesos Autorregulados

Se conoce como un proceso o sistema autorregulado al encargado de equilibrar un estado luego de que este tenga una perturbación en una variable. Es decir, cuando se da un Set Point y en este se produce un cambio este proceso necesitará un control para poder quitar y equilibrar esta variación la cual produce oscilaciones en su comportamiento como se muestra en la figura 3.6. donde se muestra cómo se equilibra una señal autorregulada en función de la amplitud y tiempo [9].

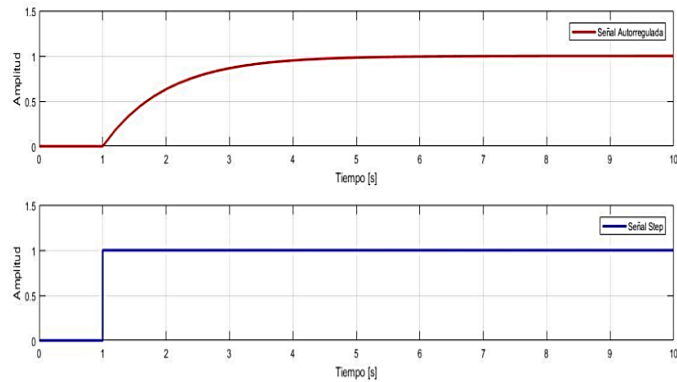


Figura 3.6. Gráfica de equilibrio de una señal autorregulada [9].

3.3.3 Diseño de Controladores Clásicos

3.3.3.1 Control ON-OFF

En un sistema de control de dos posiciones o comúnmente conocido como ON-OFF, el controlador en respuesta a la señal de error a su entrada solo tiene dos posiciones estables tanto a la salida como acción de control, y de la misma manera el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias a las anteriormente mencionadas. En relación a este desarrollo en el controlador, la salida simplemente pasa del estado: conectado, encendido (ON); al estado: desconectado, apagado (OFF), o viceversa independientemente cual sea su señal de error tanto positiva o negativa, mas no de su magnitud. Se puede establecer que el controlador; o se encuentra Encendido; o a su vez se encuentra Apagado, dependiendo del signo la señal de error, ya que no hay estados intermedios y por tal motivo el elemento final de control se ve en la necesidad de retomar su posición o su posición mínima según corresponda [10].

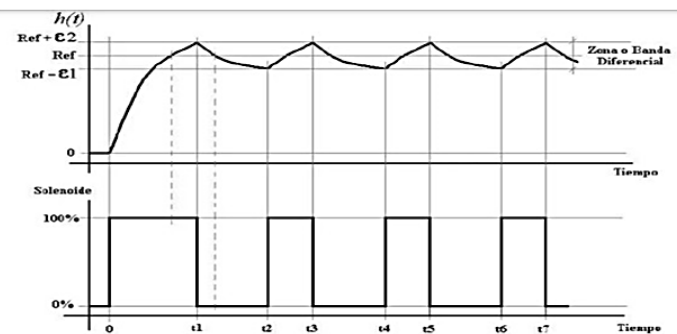


Figura 3.7. Comportamiento del nivel y de la válvula solenoide en función del tiempo [10].

3.3.3.2 Control PID

El control (PID) genera una señal resultada de la combinación de la acción proporcional, la acción integral y la derivativa conjuntamente.

La acción de control proporcional integral derivativa permite eliminar el error en estado estacionario, permitiendo una buena estabilidad relativa del sistema de control. La mejora de estabilidad relativa permitirá una respuesta transitoria con tiempos de adquisición y un valor máximo sobre impulsos pequeños.

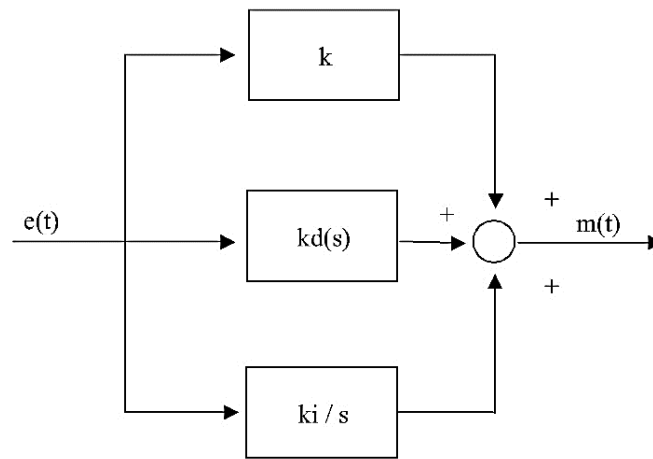


Figura 3.8. Diagrama de bloque de un control PID [10].

El diseño de un control PID se desarrolla primero implementando el control proporcional derivativo para cumplir las condiciones de respuesta transitoria y, posteriormente se añade el control proporcional integral obtenido tal como se ha visto anteriormente, de la misma manera que se agrega al sistema para que no afecte a la respuesta transitoria del sistema, pero sí eliminar el error estacionario [10].

Las ecuaciones para controlar PID son: Ideal, paralela y serie. Es fundamental analizar el tipo de controlador que se ocupará para cada lazo, ya que muchos de estos tienen diferentes tipos y valores que cambian numéricamente debido a las distintas ecuaciones que se utilicen.

PID Paralela: En esta ecuación cada variable cumple una acción (P, I y D) y estos términos se encuentran separados en la ecuación para posteriormente sumarlos [11].

$$m = Kp * e + \frac{1}{Ti} \int(e)dt + Td * \frac{de}{dt} + b \quad (3.1)$$

PID Ideal: En esta ecuación la ganancia (K_p), altera a las antes mencionadas acciones:

$$m = K_p \left(e + \frac{1}{T_i} \int(e) \right) dt + T_d * \frac{de}{dt} + b \quad (3.2)$$

PID Serie: En esta ecuación la ganancia (K_p), afecta de la misma manera a los mismos términos (P, I y D), como en la ecuación Ideal. Lo único que varía, es la parte integral como la derivativa y como consecuencia se tiene una variación en la acción proporcional.

$$m = K_p \left[\left(\frac{T_d}{T_i} + 1 \right) * e + \frac{1}{T_i} \int(e) dt + T_d * \frac{de}{dt} \right] + b \quad (3.3)$$

En un control PID se combina diferentes tipos de acciones como son la proporcional, integrativa y derivativa las cuales al momento de unirse generan una señal de control en donde cada acción cumple una función de control a la salida. Es por eso que se hablara de cada una de las que intervienen en el control PID [11].

Acción Proporcional (K_p)

La acción proporcional es la que tiene como objetivo hacer que el sistema reaccione a un error teniendo una respuesta inmediata a las variaciones o perturbaciones que exista en el sistema. Esta acción tiene un límite mínimo y máximo en donde se menciona que si la señal funciona fuera del rango permitido es porque está saturada y su funcionamiento es lineal.

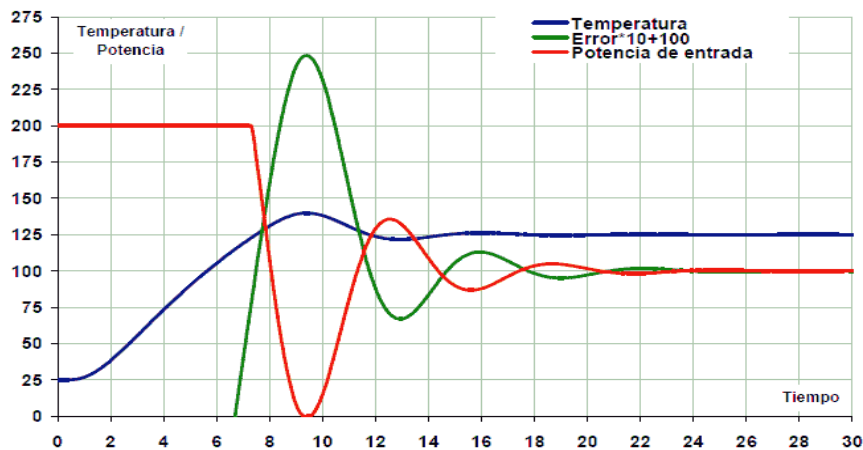


Figura 3.9. Curva de una acción proporcional K_p de un control PID [11].

Acción Integral (Ti)

La función que cumple la acción integral es la de borrar los errores que se encuentran en estado estable a largo plazo, cuando la aplica lo hace en forma aislada es decir que la solidez del sistema empeora y cuando se funciona con la acción proporcional esta ayuda a eliminar el error de forma permanente. Mientras el dato integral sea alto le tomará un mayor tiempo alcanzar el punto estable al sistema.

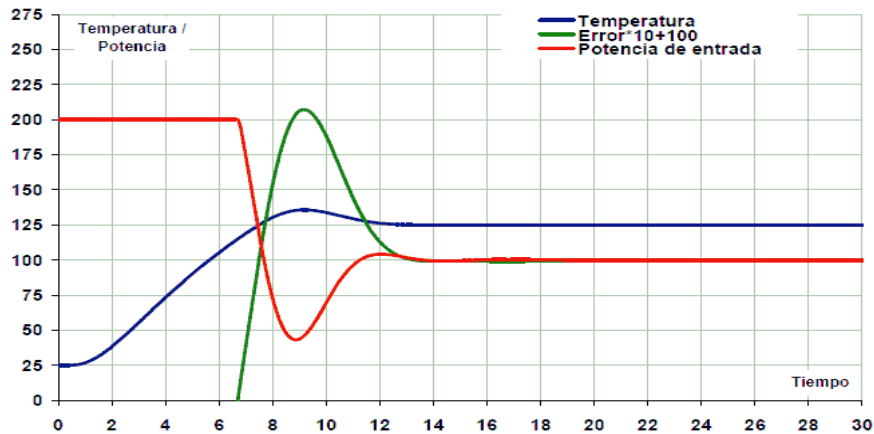


Figura 3.10. Curva de una acción proporcional Ti de un control PID [11].

Acción Derivativa (Td)

La función que cumple la acción derivativa es de anticipar la acción de control para que el sistema tenga una respuesta más rápida de lo normal, esta acción mejora la estabilidad relativa del sistema y hace que la respuesta sea más rápida y menos oscilatoria a medida que pasa el tiempo. En estado estacionario, esta acción será nula porque el valor del error será constante.

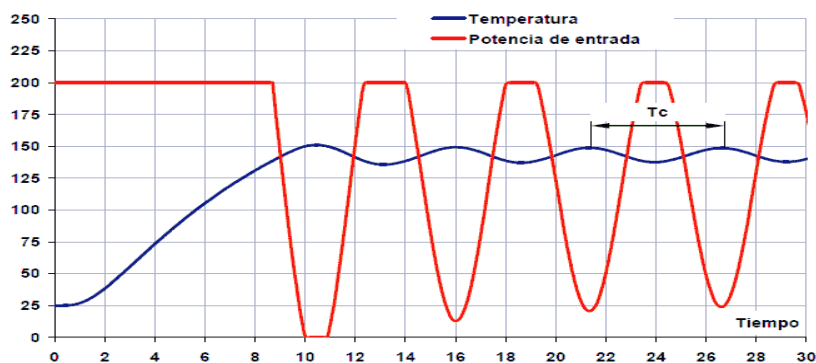


Figura 3.11. Curva de una acción derivativa Td de un control PID [11].

3.4 MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

Los métodos de sintonización están diseñados para perfeccionar la respuesta de los controladores de forma sencilla, por lo cual se detalla los métodos más comunes y utilizados en donde se analiza la metodología que aplican, también se puede encontrar varios métodos de ajuste empírico de controladores PID, basados en mediciones realizadas sobre la planta real. Estos métodos, denominados como clásicos, comenzaron a realizar y desarrollarse alrededor de 1950.

3.4.1 MÉTODO DE ZIEGLER- NICHOLS

El método de Ziegler-Nichols ajusta o sintoniza un controlador PID de forma positiva, sin necesidad de conocer las ecuaciones de la planta o del sistema controlado. Estas reglas fueron determinadas por Ziegler y Nichols en el año de 1942 y desde entonces hasta el día de hoy se las aplica siendo el método de sintonización más utilizado.

El método de sintonización de reguladores PID de Ziegler-Nichols permite delimitar las ganancias proporcional, integral y derivativa a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto o a partir de la respuesta del sistema en lazo cerrado [12].

3.3.4.1 Método Lazo Abierto Ziegler- Nichols

En este método se nos permite tener la respuesta de entrada del escalón como se muestra en la figura 9. Si el sistema no está conformado o no contiene integradores ni polos complejos dominantes la respuesta tendrá una forma de S. Cuando se obtiene una curva en S está caracterizada por el tiempo de retardo L y la constante del tiempo T . Es por eso que la función de transferencia del sistema se aproxima por una función de primer orden con una ganancia estática K y una constante de tiempo con un retraso L como se muestra en la figura 3.13.

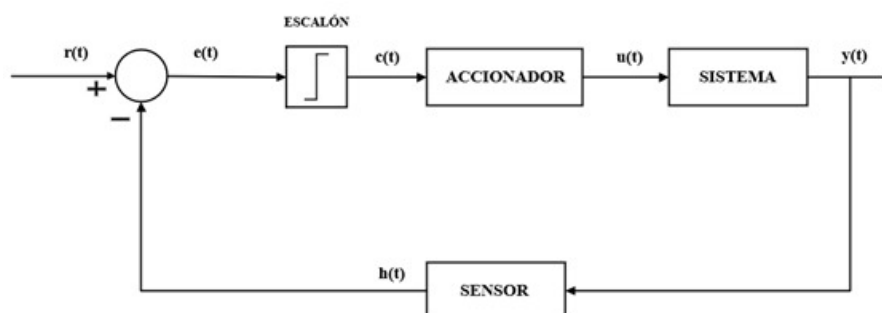


Figura 3.12. Sistema de control con un escalón [12].

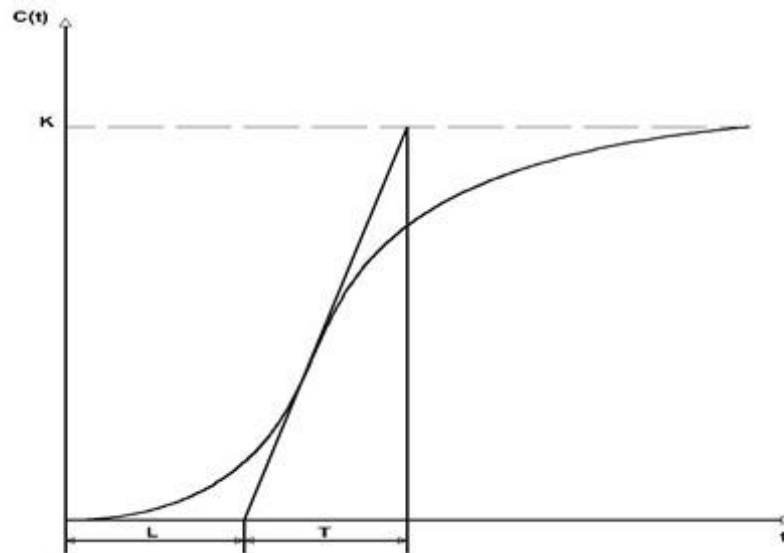


Figura 3.13. Señal de respuesta de un sistema de control [12].

Ya establecida la respuesta de un control y habiendo comparado el punto de inflexión gráficamente obteniendo los valores L y T se puede adaptar el regulador de PID en el lazo cerrado con los valores determinados por Ziegler y Nichols y así poder ajustar los parámetros tanto de manera manual como la sintonía fina.

Tabla 3.1. Tabla de sintonía de Ziegler- Nichols en lazo abierto [12].

Tipo	Ganancia Kp	Tiempo Integral	Tiempo derivativo
P	$\frac{\tau}{(Kd)}$		
PI	$\frac{0.9\tau}{(Kd)}$	3.33 d	
PID	$\frac{1.2\tau}{(Kd)}$	2d	0.5d

3.4.2 Método Lazo Cerrado Ziegler- Nichols

En este método de sintonización en lazo cerrado de oscilaciones sostenidas se nos permite obtener una señal medida a una perturbación de un controlador proporcional. Se observará una amortiguación que provocará una ganancia hasta lograr oscilaciones sostenidas en donde se

denominará un controlador proporcional como ganancia última y el periodo de oscilación denominado periodo último.

Tabla 3.2. Valores determinados por Ziegler- Nichols [13].

Controlador	Kc	Ti	Td
P	$\frac{Kcu}{2}$	∞	0
PI	$\frac{Kcu}{2.2}$	$\frac{Tu}{1.2}$	0
PID	$\frac{Kcu}{1.7}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{Tu}{8}$

En un sistema de lazo cerrado se utilizará un control proporcional en donde el tiempo integral igual a infinito y el tiempo derivativo será igual a cero el cual irá incrementando la ganancia proporcional desde cero hasta el valor crítico en donde se presenta una oscilación mantenida en el sistema dándonos un valor de ganancia crítica sin oscilaciones.

El método de sintonización de reguladores PID en lazo cerrado propuesto por Ziegler y Nichols es un método para determinar oscilaciones sostenidas basadas en un algoritmo en respuesta la frecuencia del proceso como se muestra en la figura 3.14.

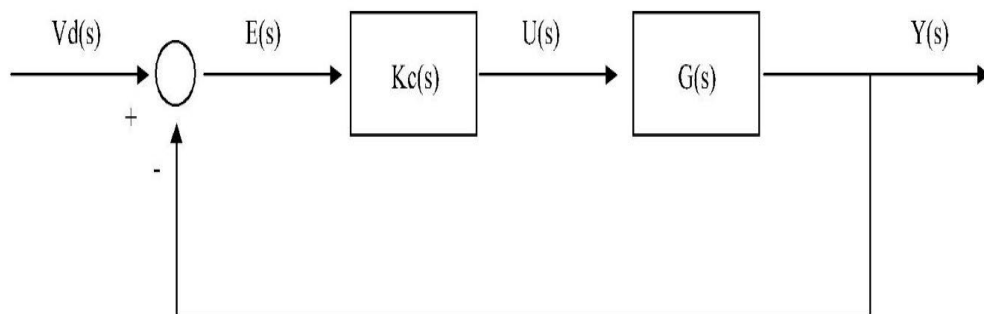


Figura 3.14. Lazo cerrado [13].

Ya determinados los valores de los parámetros de ganancia crítica y del tiempo crítico es esencial sintonizar el PID con los valores que recomienda Ziegler – Nichols en sus fórmulas y realizar los ajustes de sintonización final manualmente.

Tabla 3.3. Valores ganancia crítica y tiempo crítico determinados por Ziegler- Nichols [13].

Controlador	Kc	Ti	Td
P	$0.5 * Kc$	∞	0
PI	$0.45 * Kc$	$\frac{1}{1.2 * Tc}$	0
PID	$0.6 * Kc$	$0.5 * Tc$	$0.125 * Tc$

Cabe recalcar que por cualquier método que se desee realizar la sintonización de controladores ya sea lazo cerrado o lazo abierto se puede decir que las respuestas deseadas se obtienen de manera rápida con el menor error máximo posible y así decir que el método está cumpliendo su propósito, que las reglas que propusieron Ziegler y Nichols determinan los valores de ganancia proporcional K_p del tiempo integral T_i y del tiempo derivativo T_d basados en las características de una planta dada.

3.4.2 MÉTODO DE COHEN – COON

Este método surge en 1953 en donde se realizó una tabla con el fin de superar las limitaciones del método desarrollado por Ziegler-Nichols, a este método también se lo conoce como curva de reacción de un proceso y para que este método se lo pueda aplicar debemos abrir el bucle de retroalimentación que esta desconectado en el elemento final de control [14].

Al momento que se abre el bucle en este se produce un cambio en el escalón de altura en las variables $c(t)$ el que actúa sobre el elemento final registrando valores medidos de las variables controladas $Y_m(t)$ con relación al tiempo y así podremos tener la curva del proceso.

Para este método se utilizará una fórmula matemática de transferencia del sistema en donde se relaciona la variación de entrada $c(s)$ y la respuesta $Y_m(s)$ y con estos datos se realiza la tabla de acuerdo al tipo de control que se tenga esta ecuación se utilizará para ver y determinar qué tipo de ganancia o acción de control que posee.

$$G_{CRP} = \frac{Y_m(s)}{c(s)} \approx G_f G_p G_m \quad (3.4)$$

Tabla 3.4. Tabla de ajuste de los parámetros de un PID propuesto por Cohen-Coon [14].

Controlador	Kp	Ti	Td
P	$\frac{\tau}{K.L} \left(\frac{L}{3\tau} \right)$		
PI	$\frac{\tau}{K.L} \left(0.9 + \frac{L}{12\tau} \right)$	$\frac{L(30\tau + 3L)}{9\tau + 20L}$	
PID	$\frac{\tau}{K.L} \left(\frac{4}{3} + \frac{L}{4\tau} \right)$	$\frac{L(30\tau + 6L)}{13\tau + 8L}$	$\frac{4L\tau}{11\tau + 2L}$

3.4.3 MÉTODO DE SINTONIZACIÓN LAMBDA

El método lambda se centra específicamente para el diseño del control de un proceso, este método es originario de la industria de papel y tiene como objetivo dar estabilidad a una planta también se encarga de reducir la robustez del sistema y a su vez mejor la respuesta oscilatoria en tiempo real de la planta es por eso que varios controladores se han ajustado a este método [15].

34.3.1 Ecuaciones de Sintonización Método Lambda

Este método se utiliza en procesos industriales es por eso que este método se basa en la asignación de polos, este método se lo representa en tiempo muerto y es aquí donde existen varios acercamientos en el tiempo de retardo que han dado origen a los controladores PI y PID.

Para el control PI para el cálculo de ganancia del controlador se define la siguiente fórmula:

$$K_c = \frac{\tau}{K_p \times (\lambda + T_D)} \quad (3.5)$$

$$\tau_i = \tau \quad (3.6)$$

En donde se define que el tiempo integral es igual a la constante del tiempo en proceso (τ), si el tiempo derivativo es igual a cero los controladores serían PI.

En el caso de que el control sea PID se tiene el cálculo de ganancia del controlador en la siguiente ecuación (3.7):

$$K_c = \frac{1}{K} \times \left(\frac{\frac{\theta}{2} + \tau}{\frac{\theta}{2} + \lambda} \right) \quad (3.7)$$

Para el cálculo del tiempo de integración se tiene la siguiente ecuación:

$$\tau_i = \tau + \frac{\theta}{2} \quad (3.8)$$

Y para el tiempo de derivación se lo define como:

$$\tau_d = \frac{\tau\theta}{\theta+2\tau} \quad (3.9)$$

3.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Las comunicaciones industriales son el pilar fundamental en cualquier sistema automatizado ya que a través de ellas se ha podido intercambiar datos, poder controlarlos y así poder tener una fácil conectividad con varios dispositivos [16].

3.5.1 COMUNICACIÓN SERIAL

Se entiende como comunicación serial al proceso en donde se envía un bit en modo secuencial a través del bus serial de una computadora cuya información se transmite a través de una señal de datos en donde se representa el 0 con un nivel de tensión bajo y el 1 con un nivel de tensión alto. Estas señales producen sincronismo con una señal de reloj en donde el periodo determina la duración de un bit de la señal de datos como se observa en la figura 3.15 donde se observa la transmisión en serie de un byte en la parte (a) observamos la señal del reloj y en la segunda parte (b) tenemos la señal de datos, cada palabra o un bit de cada palabra ya sea en baja o alta tensión se transmite una a continuación de otra.

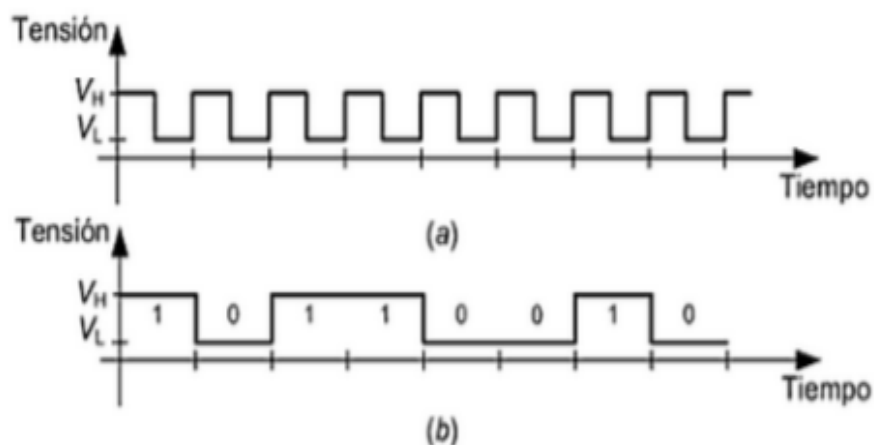


Figura 3.15. Transmisión de datos en serie [16].

3.5.2 COMUNICACIÓN MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicación que se encuentra ubicado en el nivel 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo, diseñado en 1979 por Modicon (hoy Schneider Electric) para su gama de controladores lógicos programables (PLCs).

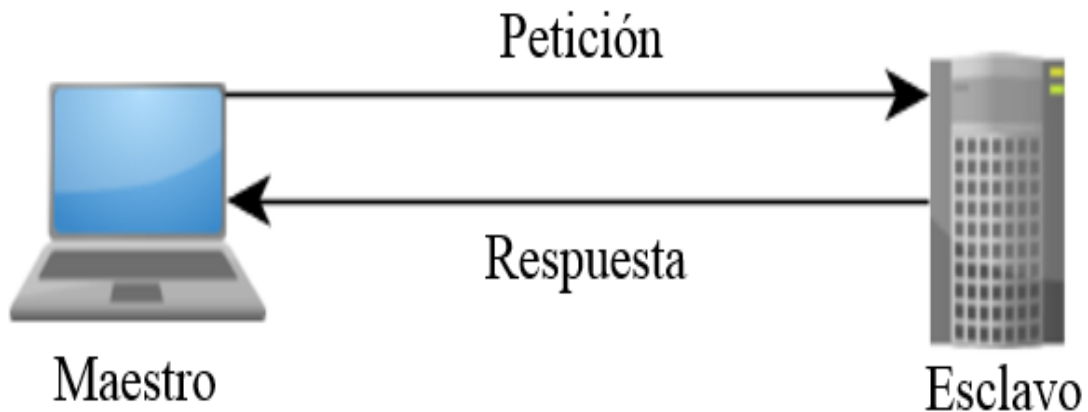


Figura 3.16. Transmisión de datos en serie [17].

Es uno de los protocolos de comunicación más utilizado en la industria, ya que se maneja con mucha más facilidad y disponibilidad para poder realizar la conexión de los diferentes dispositivos electrónicos de control automático industriales.

Ventajas que hacen que comunicación Modbus sea superior a otros y a la vez la más utilizada en relación a otros protocolos son:

- Es de libre acceso.
- Es de fácil uso y no requiere un desarrollo complejo.
- Controla algunos bloques de datos sin ninguna clase de restricciones.

Modbus es un protocolo de comunicación industrial que va un paso adelante de las capas superiores del modelo OSI necesita ser usado y a la vez aprovechado con los distintos protocolos existentes, también se encuentran capas inferiores del modelo antes mencionado. También existen versiones del protocolo Modbus de acuerdo a las necesidades del operador.

[16].

Características de Modbus

- Es de fácil implementación.
- Es de acceso público.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.
- Modbus específico el formato de trama, las secuencias y permite realizar un control de error.
- Se manipulan dos variantes diferentes tales como: ASCII y RTU.
- Cada esclavo tiene una dirección específica y única que está dentro de un rango de 1 a 247.
- El maestro es el que realiza la comunicación inicial.
- Hay diferentes tipos de esclavos (máximo 247), estos no se pueden comunicar entre sí.

Ventajas del protocolo Modbus/TCP:

- Es de uso simple, permite controlar y expandir. Es de fácil configuración cuando se añade una nueva estación a una red Modbus/TCP. Cualquier sistema de cómputo con protocolos TCP/IP puede usar de forma sencilla la comunicación Modbus/TCP.
- Permite realizar una comunicación con una base de dispositivos Modbus, Realiza una comunicación con una gran base instalada de dispositivos Modbus, Utilizando métodos de conversión que no requieran ningún tipo de configuración.
- Su rendimiento es muy alto, lo cual limita las capacidades de comunicación del sistema operativo del computador. Se pueden obtener altas tasas de transmisión sobre una estación única y se configura la red para que el tiempo de reacción de la comunicación sea más rápido y eficaz.
- Permite realizar reparaciones o mantenimiento mediante control remoto desde la PC.

3.5.3 COMUNICACIÓN ETHERNET

Permite solucionar de una forma eficiente la automatización industrial, hoy en día la comunicación Ethernet es la que en un gran porcentaje se maneja en todo el mundo entre las redes LAN. También es uno de los sistemas que no permite potenciar redes de comunicación de gran alcance. La tecnología Ethernet permite al usuario modificar y adaptar el rendimiento necesario en su red de forma precisa de acuerdo a sus exigencias. La velocidad de transmisión de datos se puede elegir según las necesidades, porque la compatibilidad permite la introducción escalonada de nuevas tecnologías [16].

Características de las redes Ethernet:

- Encendido rápido, debido a un sistema de conexiones sumamente simple.
- Capacidad de manejo extremadamente alta, para que cada una de las áreas donde existan instalaciones puedan crecer sin tener consecuencia alguna o efectos negativos.
- Comunicación ilimitada, si se necesita, se puede escalar el rendimiento con la implementación de tecnología de conmutación y elevadas transferencias de datos.
- Simple comunicación con distintas áreas de la industria.

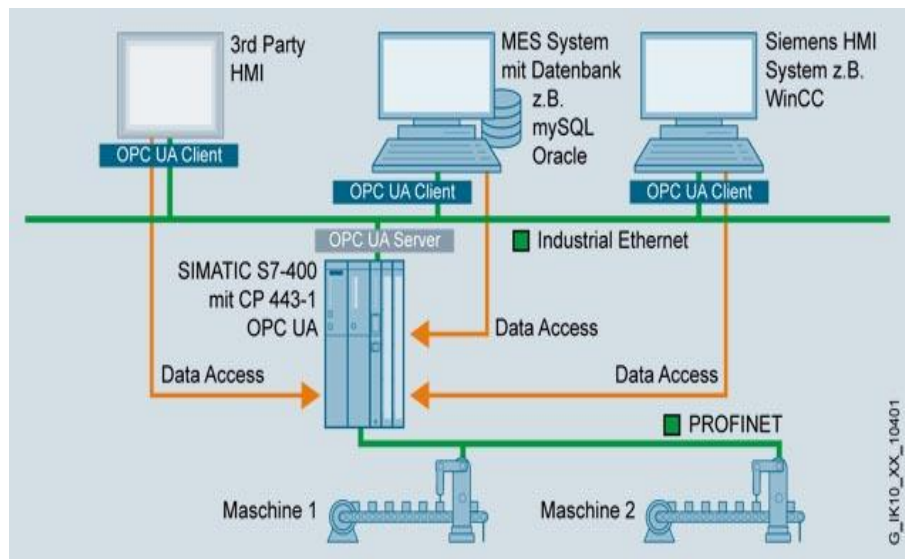


Figura 3.17. Comunicación Ethernet [17].

3.5.4 COMUNICACIÓN PROFIBUS

Con el objetivo de desarrollar un bus de campo abierto y transparente que fuera válido para que cada uno de los distintos fabricantes puedan enlazar una misma red en distintos dispositivos de automatización es allí donde nace la comunicación antes mencionada.

Profibus es uno de los buses con mayor reconocimiento a nivel mundial ya que ha sido desarrollado sobre la base del modelo ISO/OSI (International Standard Organization / Open System Interconnect) para servicio de comunicación de datos [16].

Características generales:

- Transmite pequeñas cantidades de datos.
- Se interactúa en tiempo real.
- Fácil compatibilidad electromagnética.

- Número reducido y fácil de manipular las estaciones.
- Fácil configuración.
- Expansión o reducción de conjunto elementos Plug & Play.
- Costo cómodo para su conexión y cableado.
- Pseudo consistente con OSI.
- Ayuda a comunicar los dispositivos menos inteligentes.
- Protocolos simples y limitados.



Figura 3.18. Estaciones Profibus [17].

3.5.5 COMUNICACIÓN PROFINET

Esta comunicación se da a partir de la evolución del bus de campo más conocido como Profibus y de la comunicación Ethernet. Dicho estándar. Dado este desarrollo de ambos sistemas se ha desarrollado la comunicación en Profinet. Este protocolo de comunicación es un modelo específicamente para la automatización basado en Industrial Ethernet, por lo cual los distintos elementos de este tipo de comunicación pueden ser utilizados con Profinet, También están en condiciones de manipular estándares TCP/IP para administrar, verificar datos en tiempo real y también complementar de forma práctica y directa los sistemas automáticos con bus de campo [16].

Ventajas Comunicación Profinet:

- Mejora la escalabilidad en las infraestructuras.

- Acceso a los dispositivos de campo a través de la red. PROFINET al ser un protocolo que utiliza comunicación Ethernet, permite relacionar dispositivos de campo desde otras redes de una manera simple y eficaz.
- Se pueden realizar actividades de mantenimiento desde cualquier lugar. Fácil de controlar dispositivos de campo mediante conexiones seguras como por ejemplo VPN para realizar mantenimientos.

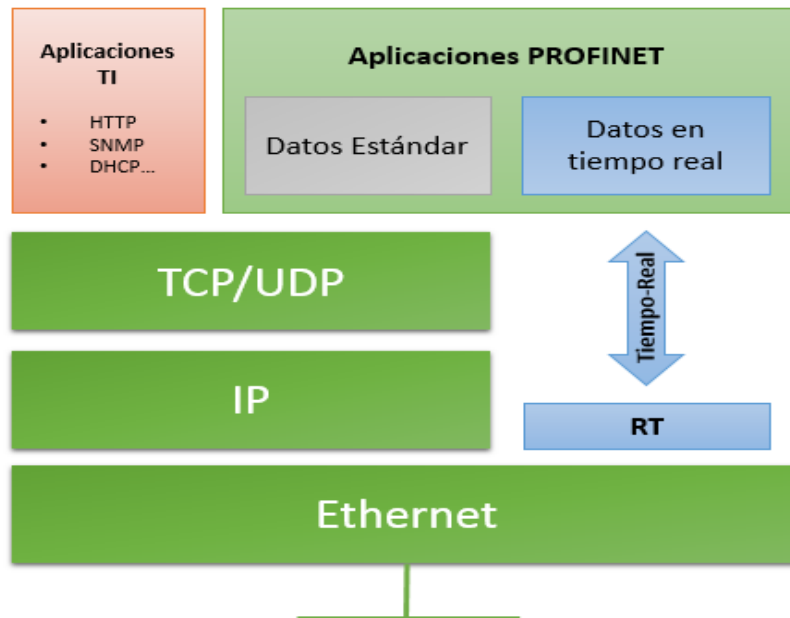


Figura 3.19. Comunicación Profinet [18].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES

- **Variable Dependiente**

Funcionamiento del sistema SCADA a través de una red Ethernet.

- **Variable Independiente**

Control de dos hornos de temperatura.

4.2. DISEÑO DEL HORNO DE TEMPERATURA

4.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

En este apartado se pretende mencionar el diseño estructural de fabricación de los hornos de temperatura, sus dimensiones, características y su proceso de construcción en base a la utilidad que se le pretende dar que es el de control de temperatura en base un control PID y un sistema SCADA para su funcionamiento.

Para la construcción del horno primero se realizó su diseño en un software de diseño mecánico en donde se desarrolló en 3D la forma que toma el horno de temperatura como se muestra en la figura 4.1. donde se observa la estructura cúbica que tiene el horno.

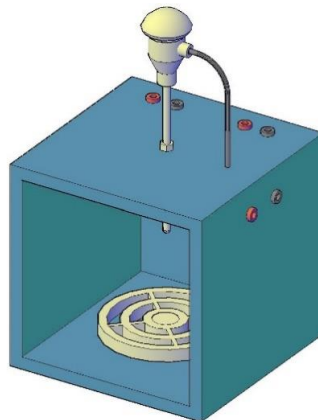


Figura 4.1. Diseño en 3D del horno de temperatura.

Dimensionamiento de la estructura del horno

Para la construcción del horno de manera física se tomó las dimensiones establecidas en el diseño realizado en 3D en donde se determinó que el horno tiene las siguientes medidas largo 30 cm x ancho 30 cm y una altura de 30 cm por ende estas son la dimensiones que conforman

toda el área para la fabricación del horno como se observa en la figura 4.2 su estructura de construcción del horno de temperatura.



Figura 4.2. Estructura metálica del horno de temperatura.

Para la construcción de la estructura de los hornos de temperatura se utilizó planchas de tol galvanizado de 2 mm de espesor que se lo eligió de la tabla 4.1. dada por una industria dedicada a la fabricación de aceros las cuales tienen una mayor dureza y resistencia a cualquier tipo de recubrimiento y corrosión que se produzca por el medio ambiente.

Este material fue seleccionado debido a que es utilizado en la construcción de maquinaria industrial especialmente en la fabricación de hornos, ya que su acabado es más duradero y previene oxidación, este es un material mucho más resistente que el hierro y el acero sin galvanizar es por eso que se eligió este material ya que es el más utilizado en la industria de hornos.

Tabla 4.1. Dimensión, peso y tolerancia del material.

DIMENSION, PESOS NOMINALES Y TOLERANCIA				
Espesor		Ancho	Largo	Peso Nominal
Pulg.	mm	mm	mm	kg/plancha
1/40"	0,45	1220	2440	10,52
1/40"	0,5	1220	2440	11,69
1/32"	0,6	1220	2440	14,02
1/32"	0,7	1220	2440	16,36
1/25"	0,9	1220	2440	21,03
1/25"	2	1220	2440	23,37

Esto es lo que se puede acotar en cuanto al diseño y construcción de la estructura de los hornos de temperatura ya que en si esta propuesta tecnológica se basa más en la automatización de los mismos.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En este apartado se pretende mencionar todos los elementos que forman parte del horno y los cuales son los encargados de censar la temperatura de cada uno de los hornos y así poder recolectar los datos de las variables que intervienen en el control de temperatura para poder analizarlas y ver el comportamiento de las variables que intervienen en el control PID.

PLC S7-1200 1212C AC/DC/RLY

El PLC o como se lo conoce comúnmente Controlador Lógico Programable son dispositivos que se los define en la industria como computadoras utilizadas en la automatización de procesos los mismo que se utilizan para realizar el control de dos hornos de temperatura y se observa la descripción del elemento utilizado en la tabla 4.2.



Figura 4.3. PLC S7-1200 AC/DC/RLY.

Características De Los Automatas / PLC

- Está diseñado con múltiples entradas y salidas
- Rangos de temperatura elevados
- Inmunidad al ruido eléctrico
- Resistencia contra vibraciones e impactos

- Scan cycle: normalmente el procesador emplea entre 20-30 a 100 ms en evaluar todas las instrucciones y actualizar el estado de todas las salidas.
- Ciertos recursos limitados, con respecto al procesamiento matemático, procesamiento de señales, concurrencia real, velocidad, latencia.

Tabla 4.2. Dimensión, peso y tolerancia del material.

FUNCIÓN		CPU 1212C
Dimensiones físicas(mm)		90 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	50 KB
	Carga	1 MB
	Remanente	10 kB
E/S Integradas locales	Digital	8 entradas/6 salidas
	Analógico	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes
Area de Marcas (M)		4096 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		2
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1
Módulo de comunicación (CM),(ampliación en el lado izquierdo)		3
Contadores rápidos	Total	4 E/S incorporadas, 6 con SB
	Fase Simple	1 a 30 kHz
		4 a 100 kHz
		SB: 2 a 30 kHz
	Fase en cuadratura	3 a 80 kHz
		1 a 20 kHz
		SB: 2 a 20 kHz
Generadores de impulso		4
Memory Card		(opcional)
PROFINET		Ethernet

SIMATIC S7-1200, SALIDA ANALÓGICA, SB 1232

Este módulo expansor analógico permite el control de un circuito de fase para controlar la potencia de la carga, y a su vez realiza trabajos de digitalización de la magnitud física que se obtiene continuamente del proceso, la cual se guarda en una variable interna del PLC, esta permite emplear el lazo de control para ajustar el proceso de control temperatura.

El módulo puede ser configurado mediante programación que se comunica mediante un software y a su vez se debe tener en cuenta la configuración de conexión del sensor al módulo de acuerdo a las especificaciones establecidas.



Figura 4.4. Modulo expansor de salidas analogicas.

Los módulos de expansión son elementos de gran ayuda para un autómata programable ya que su función principal es la de entregar un número amplio de salidas que poseen los PLC ya que cuando son utilizados para una aplicación y estos un cumplen con la capacidad para ejecutarla es por eso que estos módulos son de apoyo para cualquier proceso industrial que haga uso de un PLC y aquí les presentamos varias características que estos poseen:

- Salidas análogas tipo 4 a 20 mA.
- Salidas análogas tipo 0-10 V.
- Expansión de memoria.
- Conexión a redes de datos industriales (buses de campo)

En base a que ya conocemos su significado y que función cumple este y detallaremos en la tabla 4.3. los datos generales del módulo que utilizaremos para el control de temperatura en nuestro horno:

Tabla 4.3. Datos generales del módulo de expansión SB 1232 SIMENS.

DATOS GENERALES DEL MODULO DE EXPANSIÓN	
DESIGNACION DEL PRODUCTO	SB 1232, AQ 1x12 bit
INTENSIDAD DE ENTRADA Bus de fondo 5 VDC	15mA
TENSION DE SALIDA Intensidad de alimentacion max	25 mA
PERDIDAS	1,5 W
SALIDAS ANALOGICAS	1
RANGO DE SALIDA DE TENSION	- 10 V a + 10 V
RANGO DE SALIDA DE INTENSIIDAD	0 a 20 mA
RESITENCIA DE CARGA con salida de tension min	1000 Ohm
RESITENCIA DE CARGA con salida de intensidad max	600 Ohm
RANGO DE TEMPERATURA PERMITIDO	-40 ° C a + 70 °C
DIMENSIONES	
ANCHURA	38 mm
ALTURA	62 mm
PROFUNDIDAD	21 mm
PESO APROXI.	40 g

SENSOR DE TEMPERATURA PT-100 CON CABEZA MARINA

- **Tipo:** Pt-100
- **Rango de trabajo:** -100°C hasta +400°C
- **De salida:** 4-20 mA
- **Tamaño de rosca:** PT1/2
- **Material:** Acero inoxidable 304
- **Diámetro de la sonda:** 16 mm
- **Tiempo de respuesta:** 150 s
- **Terminales:** 2, 3 y 4 hilos

Se conoce como Pt-100 a un elemento que tiene como fin el de censar la temperatura debido que contiene un alambre de platino que al momento de tener 0 °C se lo considera que esta posee 100Ω y al momento de variar la temperatura su resistencia eléctrica aumenta.



Figura 4.5. Sensor de temperatura Pt-100.

Todas las Pt-100 que son industriales por lo general se encuentran dentro de un tubo de acero inoxidable como se muestra en la figura 4.5. en donde encontramos en el extremo inferior el alambre de platino incrustado dentro de la cápsula debido a que es muy sensible y en su extremo superior los cables de conexión dentro de una caja redonda de aluminio como muestra la fotografía.

Ventajas de una Pt-100

- Los PT-100 y los RTD en general superan en precisión a las termocuplas especialmente en aplicaciones de temperaturas bajas.
- Una ventaja del sensor Pt-100 es que al contrario que otros sensores que se degradan con el tiempo y dan lecturas erróneas el PT-100 abre el circuito y se puede saber cuándo es necesario cambiarlo.

MÓDULO DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA INTELIGENTE

Este elemento es muy utilizado para procesos industriales y se lo conoce con este nombre debido a que su estructura lleva una combinación de sensor de temperatura y transmisor, tiene

como objetivo convertir la señal de temperatura de 0° a 400° Celsius con una señal eléctrica de 4 a 20 mA, este sensor es una innovación en la industria moderna ya que gracias a que es inteligente se puede manipular sus datos gracias al software que el mismo proveedor brinda.

Características del transmisor inteligente:

- Control remoto inteligente
- El rango de temperatura de medición es amplio
- Bajo consumo de energía
- Material de acero inoxidable
- Detección de alta precisión
- Respuesta rápida
- Resistencia a altas temperaturas
- Voltaje de funcionamiento: 12 a 35V
- Rango de temperatura de medición: 0 a 600 Celsius
- Precisión: RTD 0.1% TC 0.2%
- Salida: 4 a 20mA
- Temperatura estándar: - 40 a 120 Celsius

Conexión de transmisor inteligente a PT-100

Bueno para conectar un módulo transmisor inteligente se debe tomar en cuenta que tipo de sensor de temperatura se utilizara en nuestro caso el sensor a usarse es una Pt-100 de 3 hilos es por es que en base a la figura 4.6. mostraremos la conexión que se debe realizar para este tipo de sensor.

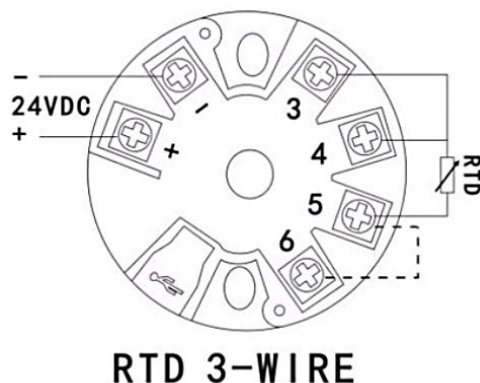


Figura 4.6. Conexión de transmisor inteligente a Pt-100.

Como se puede observar la figura 4.6. nos detalla cómo debe conectarse un sensor de temperatura los terminales positivo y negativo son los que van conectados a 24V o en este caso irían a las entradas del PLC los terminales 3, 4, 5 y 6 puenteados son los que llevaran en este caso los cables pertenecientes a la Pt-100 de 3 hilos esto en cuanto a la conexión del transmisor inteligente.

SENSOR TERMOPAR TIPO K

Se conoce como termopar a un dispositivo que tiene como objetivo sensar la temperatura que entrega una señal eléctrica en función de la temperatura. La diferencia de estos sensores es que no miden directamente la temperatura, sino que miden la diferencia entre la parte caliente y la parte fría. Este termopar debido a que tiene una combinación de varios metales da señales dando una medición más eficaz de temperatura.

La más utilizada es la versión K debido a su amplio rango de temperatura son muy buenas para utilizar en atmósferas oxidantes con una temperatura hasta 1200° C.



Figura 4.7. Sensor termopar tipo K.

Conexión termopar tipo K a transmisor inteligente

En este apartado se habla de cómo se debe conectar la termocupla tipo de K de tres hilos al módulo transmisor inteligente como se muestra en la figura 4.8. la conexión que se debe realizar para este tipo de sensor se debe conectar los terminales positivo y negativo son los que van conectados a 24V o en este caso irían a las entradas del PLC los terminales 3, 4 y 5

punteados son los que llevarán en este caso los cables pertenecientes al termopar tipo K de 3 hilos esto en cuanto a la conexión al transmisor inteligente.

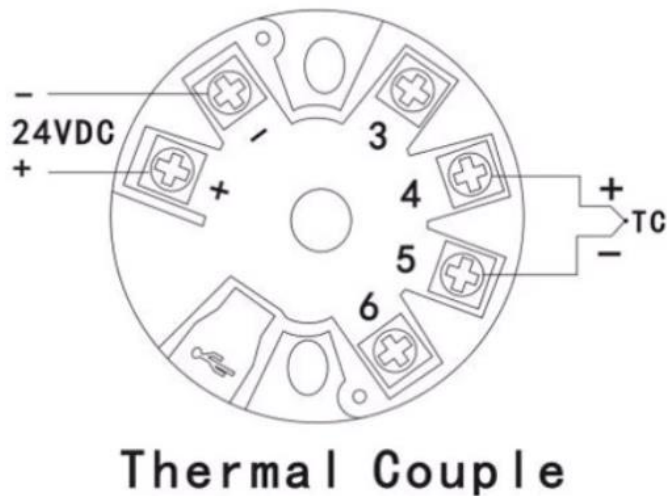


Figura 4.8. Conexión de transmisor inteligente a termopar tipo K.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En este apartado se pretende hablar sobre la parte de control del proyecto, el cual está dividido en tres partes que son el sistema de control para la carga, el control PID para la obtención de todas las variables de temperatura y por último el sistema SCADA que controlará todo el sistema a través de la red Ethernet que se armará con los dos hornos de temperatura que se ha diseñado y construido.

4.2.1 CIRCUITO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CARGA

El proyecto consta de un sistema de control de carga es decir un circuito que tiene como objetivo controlar el nivel de voltaje de la carga la cual tenemos integrado en nuestros hornos la carga que utilizamos se denomina resistencia tubular la cual la detallaremos a continuación.

Resistencia tubular

Una resistencia tubular es que tiene como objetivo en transformar la energía eléctrica en calor, hoy en día las resistencias tubulares se las utiliza en dientes tipos de aplicaciones industriales ya que están fabricadas de materiales aleados entre el níquel y cromo debido a que esta mezcla ayuda a soportar temperaturas altas y tener una buena resistividad lo que hace que se genere el calor y a su vez sean inoxidables y resistentes a impactos.



Figura 4.9. Resistencia tubular.

Para este proyecto se utilizó una resistencia tubular como carga que se muestra en la figura 4.9. con las siguientes características:

- Dimensión: 6 pulgadas
- Potencia: 1100W
- Tensión: 120V

Para poder controlar el voltaje de esta resistencia se desarrolló un circuito de control de fase como se muestra en la figura 4.10. que detallaremos su funcionamiento a continuación.

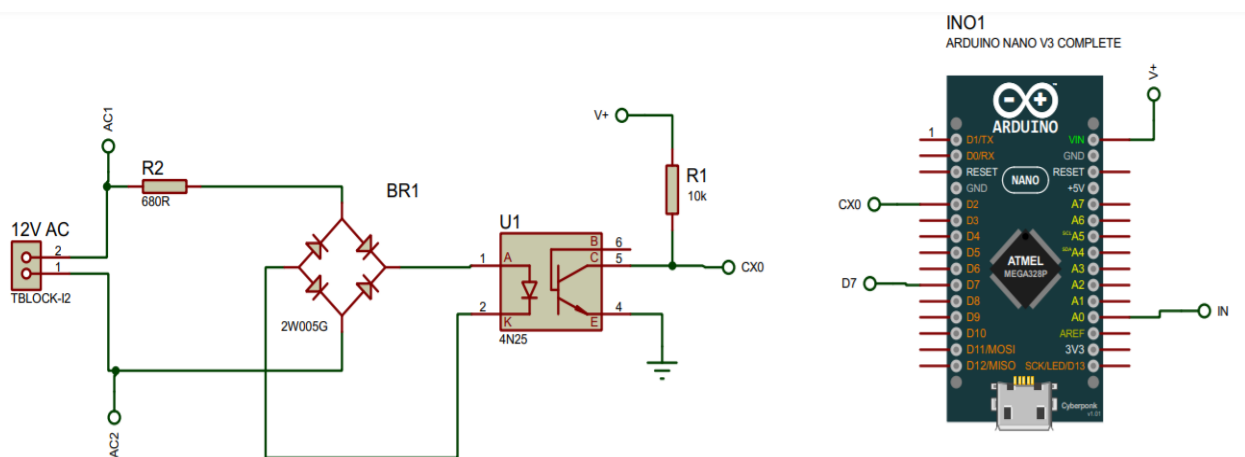


Figura 4.10. Circuito de control fase.

Este esquema de conexión que muestra la figura 4.10. Es el encargado de recibir la señal de 10 V de la salida del PLC para que al momento de realizar alguna modificación en el controlador PID el programador directamente utilice el rango de 0 a 10V sin considerar cualquier

dispositivo externo para el control de las niquelinas para lo cual se hizo un divisor de tensión acoplado a un seguidor de tensión para el control del arduino.

Ya realizado el circuito podemos hacerlo funcionar y gracias a un osciloscopio como se muestra en la figura 4.11. poder observar cómo varía la temperatura y obtener su señal y poder controlarla gracias a una modulación de ancho de pulso que nos ayuda a variar la carga.

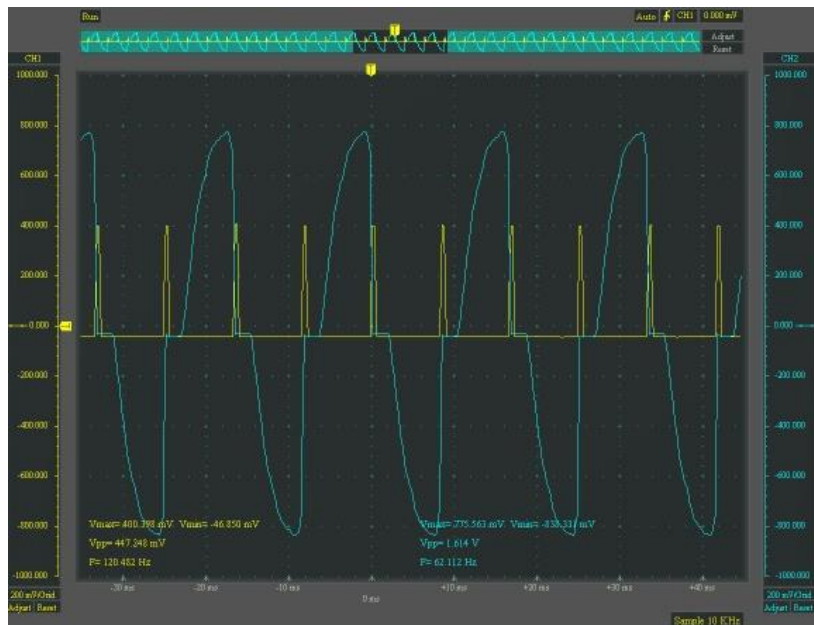


Figura 4.11. Señal del osciloscopio del circuito de control.

Luego de que ya se comprobó que el circuito está en total funcionamiento se procede a armarlo en una placa como muestra la figura 4.12. en donde se podrá conectar la carga y los diferentes dispositivos que contienen los hornos para poder realizar las pruebas necesarias y observar el funcionamiento de la misma para poder obtener los datos de temperatura.

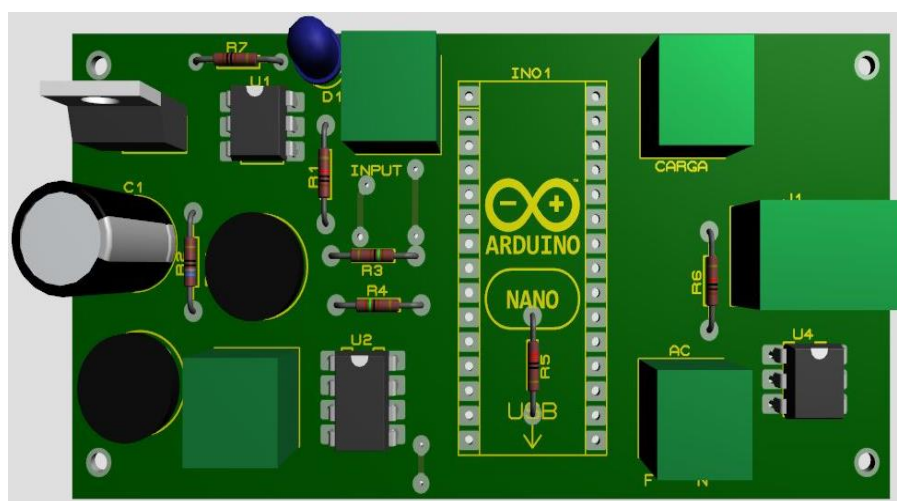


Figura 4.12. Placa del sistema de control de carga.

Programación del Arduino

En esta sección se observa una parte del código de programación que se emplea y que se cargará en el Arduino Nano, el mismo que se necesita para controlar la carga o resistencia tubular. El código completo se detalla en el ANEXO C.



```
CONTROL_FASE
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial

#define potenciómetro 0 //A1
#define disparo1 7

int valorPot=0;
int valorsalida=0;
int tiempdisparo=500;

uint32_t t0;
uint32_t t1;

void setup() {

    pinMode(disparo1,OUTPUT);
    attachInterrupt(0,Cruce_cero, RISING); //SE HABILITA LA INTERRUPCION POR EL PIN D2
    Serial.begin(9600);
    delay(500);

    t0 = millis();
    t1 = millis();
}
```

Figura 4.13. Programación de Arduino.

4.4 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL

4.4.1 OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS PID

Parámetros PID del horno 1

Para poder obtener los parámetros de las constantes PID se basó en el método de sintonización que es el de Ziegler- Nichols en donde ellos proponen tener un modelo matemático y obtener la constantes PID. Para sacar este modelo matemático nos hemos basado a los datos medidos gracias al PID desarrollado en TIA PORTAL en donde se obtienen los datos del proceso que se utilizó un setpoint de 70 °C como se observa en la figura 4.14. donde mostramos la gráfica de cómo actúa el PID en base a la temperatura dada y así sacar los datos para poder encontrar los parámetros. Con la finalidad de analizar el comportamiento de la temperatura en el horno 1 que consta con un sensor PT-100 y una resistencia tubular de 1100 W y obtener los parámetros PID basados en el método de sintonización ya mencionado se recopiló datos donde se obtuvo el

comportamiento del setpoint como se puede observar en el Figura 4.14. viendo el comportamiento de la onda con este valor dado como se muestra en el gráfico se puede observar que los colores de las variables representan lo siguiente:

Línea gris: Setpoint (SP) °C

Línea naranja: Proceso de la variable (PV) °C

Línea roja: Control de la variable (CV)%

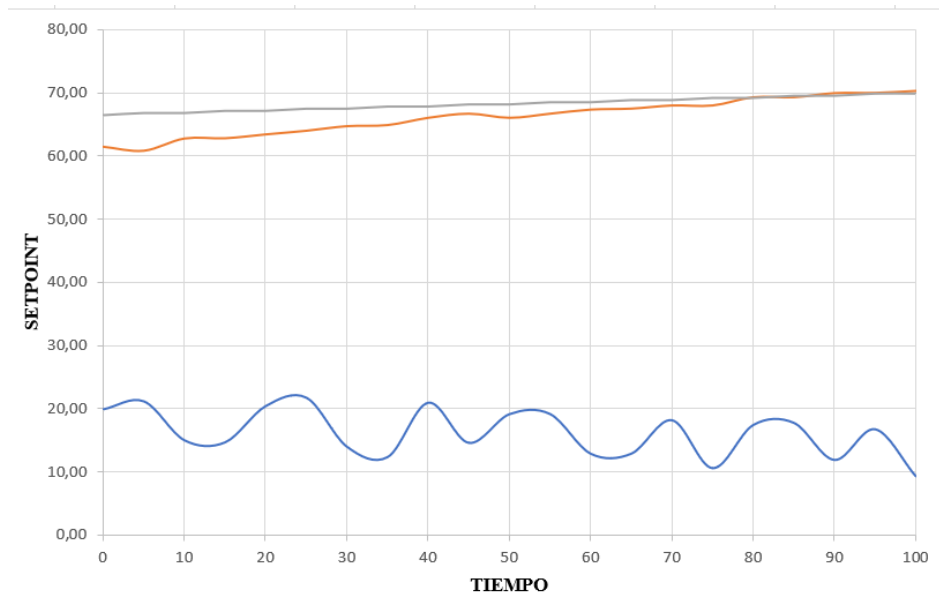


Figura 4.14. Control PID de temperatura horno 1.

Basados en la onda obtenida y en los datos recolectados se pudo obtener los parámetros PID aplicando las fórmulas del método de sintonización de Ziegler y Nichols que se las puede obtener de la tabla 3.1. obteniendo los siguientes valores que serán mostrados en la tabla 4.4. que se tiene a continuación:

Tabla 4.4. Parámetros del PID de temperatura calculados.

MÉTODO	ECUACIÓN	Kp	Ki	Kd
Ziegler - Nichols	$G(S) = \frac{0,636 * e^{-5,3}}{35,2s + 1}$	3,013228	277,7062	69,8598

Parámetros PID del horno 2

Para poder obtener los parámetros de las constantes PID se basó en el método de sintonización mencionado antes para obtener la constantes PID. Para obtener los datos del proceso se utilizó un setpoint de 70 °C como se observa en la figura 4.15. donde se muestra la gráfica de cómo actúa las variables. Al analizar el comportamiento de la temperatura en el horno 2 que consta con un sensor termopar tipo K y una resistencia tubular de 1000 W y obtener los parámetros PID basados en el método de sintonización se recopiló los datos y se obtuvo el comportamiento del setpoint planteado viendo el comportamiento de la onda con el valor dado.

Línea gris: Setpoint (SP) °C

Línea naranja: Proceso de la variable (PV) °C

Línea roja: Control de la variable (CV)%

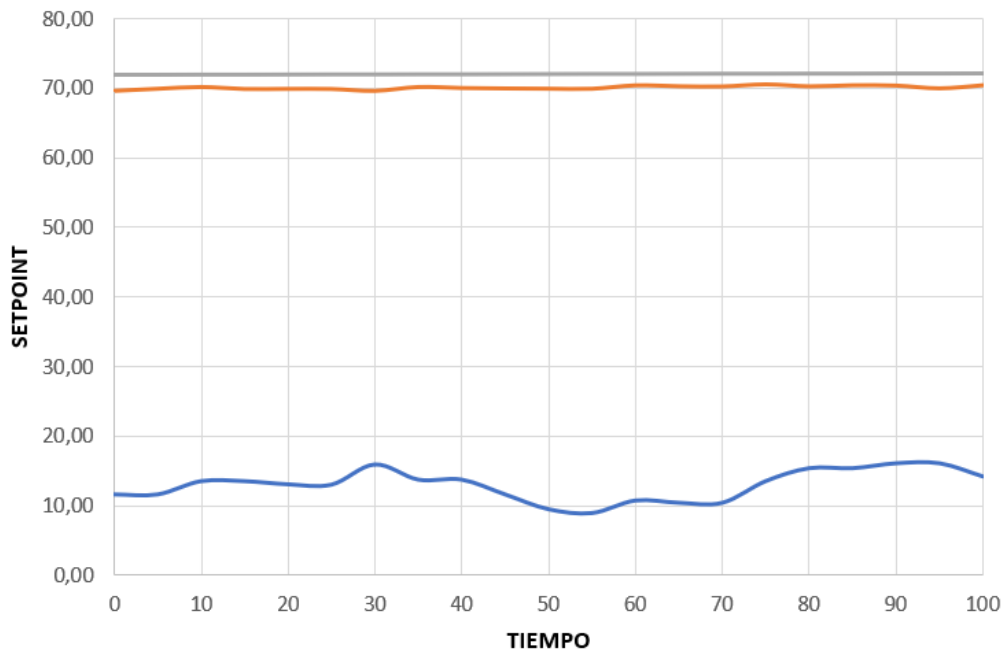


Figura 4.15. Control PID de temperatura horno 2.

Basados en la onda obtenida y en los datos recopilados se pudo obtener los parámetros PID aplicando las fórmulas del método de sintonización de Ziegler y Nichols que se las puede obtener de la tabla 3.1. obteniendo los siguientes valores que serán mostrados en la tabla 4.5. que se tiene a continuación:

Tabla 4.5. Parámetros del PID horno 2 calculados.

MÉTODO	ECUACIÓN	Kp	Ki	Kd
Ziegler - Nichols	$G(S) = \frac{0,83 * e^{-7,5}}{42,2s + 1}$	2,3402	256,78	64,76

Bueno basados en estos datos en tiempo real se realizó una comparación con los valores obtenidos y se pudo determinar que debido a que se tiene diferentes cargas es decir diferentes resistencias tubulares con diferentes potencias y distintos sensores se observó que la temperatura es una variable lenta y debido a la diferencia de potencias en las cargas del horno 1 que tiene una carga con potencia de 1100W tarda más tiempo en llegar al setpoint dado que el horno 2 dos que posee una carga de 1000W con un menor tiempo en llegar a su setpoint y estabilizar la temperatura.

HIC TCH Intelligent Temp. Transmitter Software V3.0

En la ejecución de este programa se debe seleccionar el COM correspondiente al transmisor el mismo que leerá si se encuentra conectado al programa, para esto se debe seleccionar el tipo de transmisor o termocupla a ocupar, esto dependerá de los rangos mínimos y máximos de temperatura en los que se manejen dichos sensores y a la vez el operador disponga. En el ANEXO E se explica la configuración con el software.

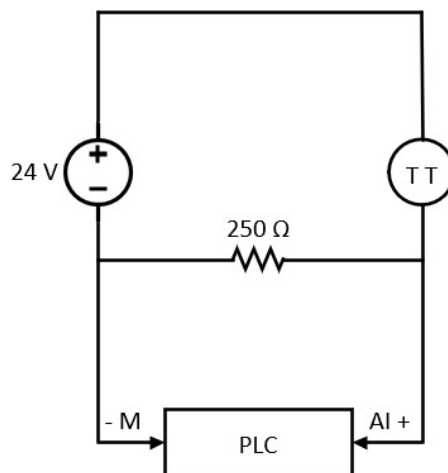


Figura 4.16. Conexión transmisor inteligente a PLC.

Como se observa en la figura 4.16. luego de programar al transmisor inteligente y elegir qué tipo de sensor y rangos de temperatura utilizaremos se debe conectar al mismo a una fuente de

5V para que este quede programado y de igual manera pueda transmitir los rangos de temperatura que la carga trasmite a través de los sensores y poder observar la variación de temperatura en el software a la que están trabajando los hornos.

4.4.2 DESARROLLO DEL CONTROL PID EN TIA PORTAL

Para el desarrollo del control PID se debe tomar en cuenta que la programación realizada en TIA PORTAL es la misma para los dos hornos ya que cada uno de los PID envía y recibe datos de las variables que se encuentran controladas.

Selección de PLC y módulo salidas analógicas.

En este proceso de programación del PID, se procede a seleccionar dos PLC S7-1200 CPU1212C AC/DC/Rly, a los cuales se denomina como PLC Maestro y PLC esclavo, de esta forma será más fácil identificar cual es el que envía la orden, de igual manera se selecciona los módulos de salidas analógicas / AQ1 *12Bits +/- 10VDC /0 – 20mA.

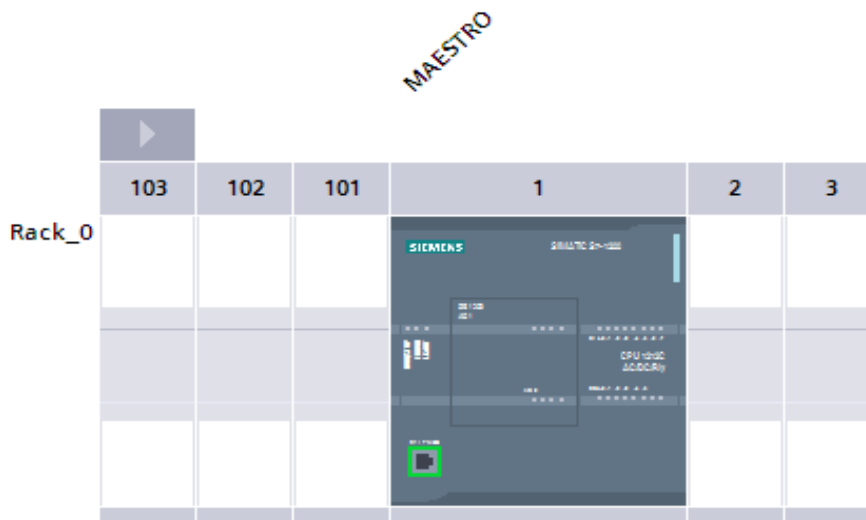


Figura 4.17. PLC S7-1200 y módulo de salidas analógicas.

Adquisición de temperatura al PLC

Este bloque de programación es el que recibe los datos enviados por el sensor y censados por la Pt-100 y enviados a través del transmisor que adquiere los datos mediante una entrada analógica Input que denominamos %IW66, dentro de este bloque se configura una memoria denominada %MD14 que está relacionada con el Process Value del PLC maestro.

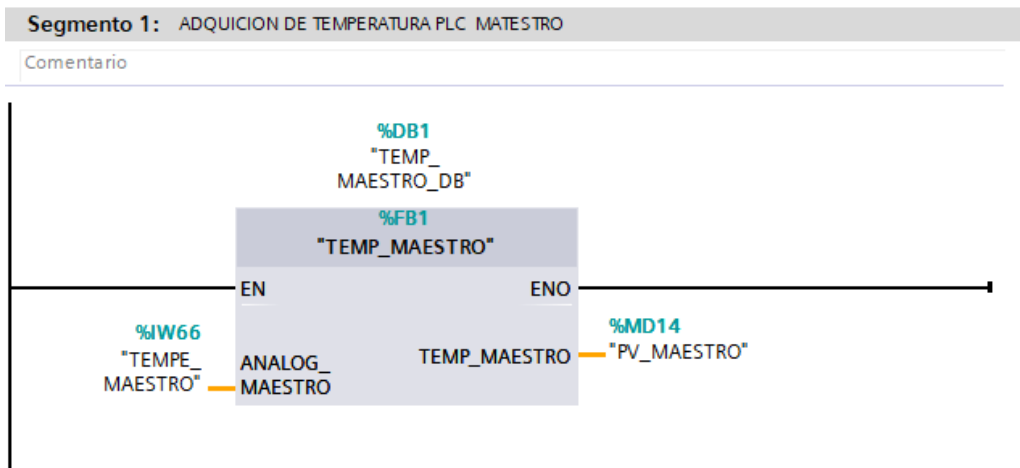


Figura 4.18. Bloque de adquisición de datos de temperatura.

Variable de Proceso

Es la variable del PLC donde se escala en un rango de 0 a 100 para obtener un valor determinado el mismo que se obtendrá en porcentaje.

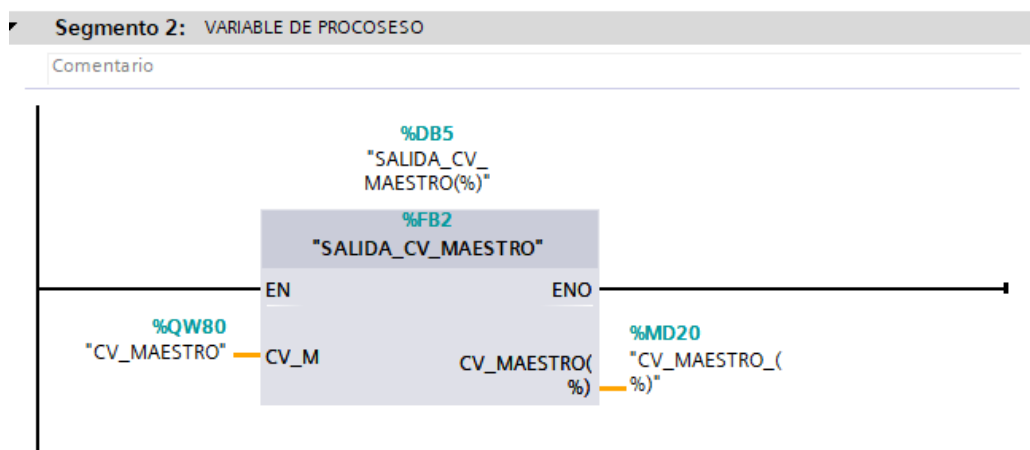


Figura 4.19. Bloque de la variable de proceso.

Recepción de datos desde el software Ignition

En este bloque se reciben los datos de las variables de Ignition, donde se crea una base de datos para poder añadir un número de variables las mismas que se necesita para ejecutarlas y a la vez recibir datos del PLC esclavo.

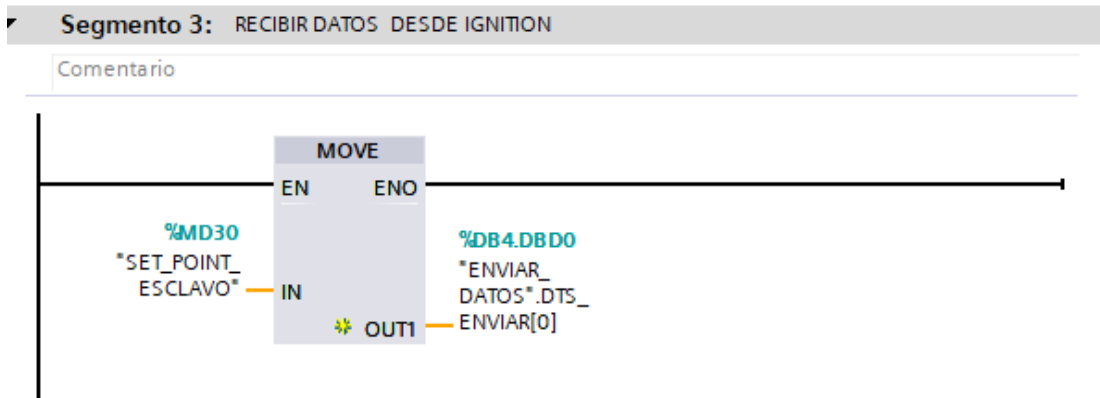


Figura 4.20. Bloque de recepción de datos Ignition.

Control del Ventilador

En este segmento se realiza el control del ventilador del PLC maestro mediante un contacto normalmente abierto el mismo que activara a una bobina para hacer el control de encendido y apagado.

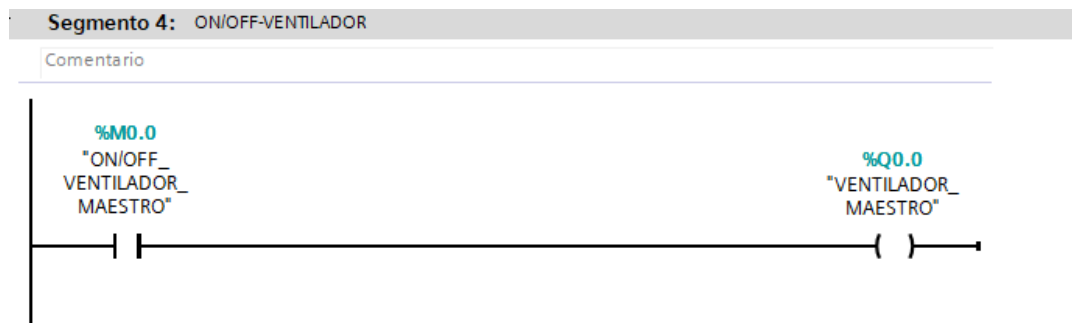


Figura 4.21. Control de encendido y apagado del ventilador.

Envío de Datos

Para este bloque de programación se toma en cuenta la conexión MODBUS-TCP dentro de esta existe un bloque MB-CLIENT el mismo que se utiliza para configurar datos donde que permita que se lea y a la vez envíe datos mediante memorias designadas.

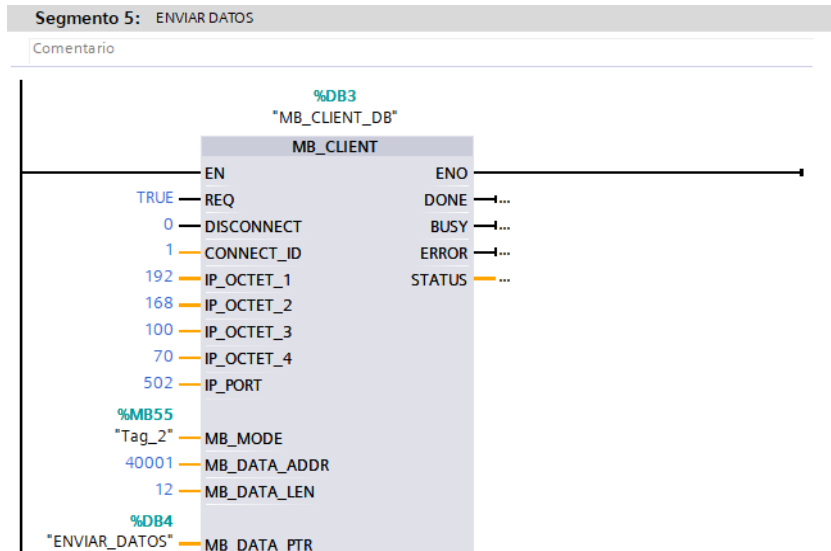


Figura 4.22. Envío de datos de la red.

Envío Datos Software Ignition

En este bloque se configura la transferencia de los datos al Ignition mediante una dirección que se emplea en la entrada IN del bloque, a una dirección diferente a de salida OUT1 del bloque, transferencia se realiza por orden ascendente de las direcciones.

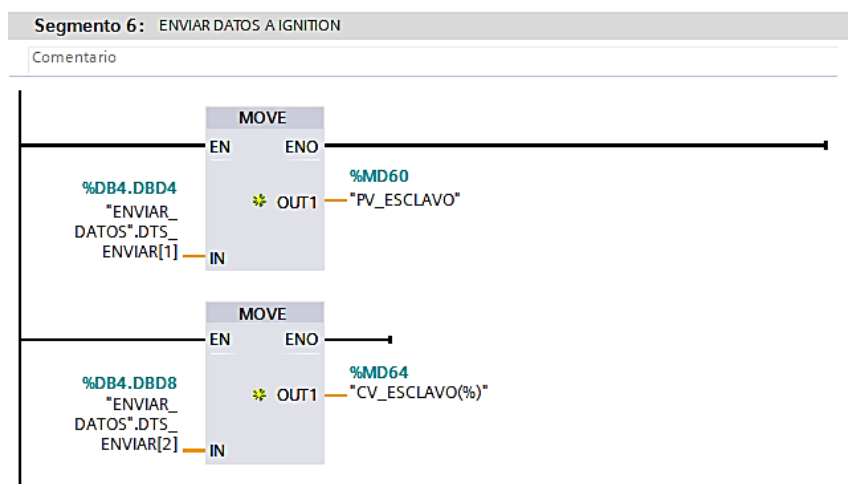


Figura 4.23. Bloque de envío de datos a Ignition.

Pulsos de Activación

En este bloque se añaden unos temporizadores los mismo que actúan de manera aleatoria de acuerdo a los parámetros establecidos en la programación, este temporizador almacenará datos en un bloque de datos de instancia propio.

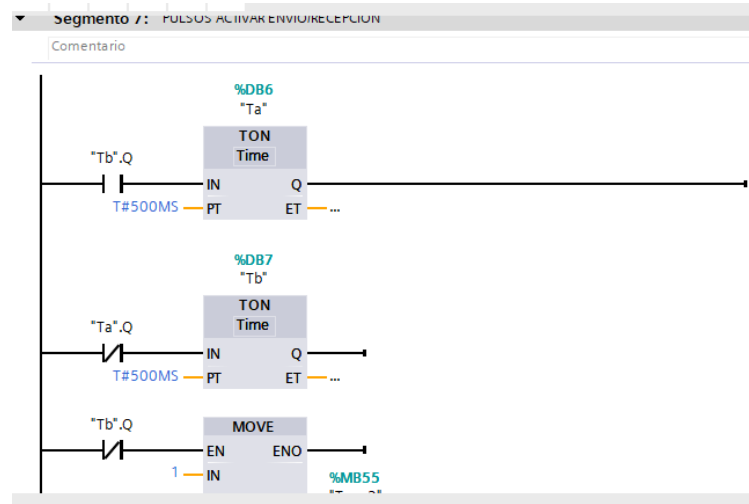


Figura 4.24. Bloque de activación pulsos de envío y recepción de datos.

Escalamiento de la señal analógica

Para este bloque de programación se incrementa dos bloques el primero se lo etiqueta como NORM_X, el mismo que sirve para configurar la señal analógica y convertir de dato Int a real de igual manera se debe tener en cuenta que en este bloque se establece rangos máximos y mínimos en este caso es de (4 a 20 mA), seguidamente se añade el bloque SCALE_X, esta opción permite controlar y establecer valores máximos y mínimos de la variable de salida en este caso nuestra variable tendría un rango de (0 a 400°C), que es la capacidad de temperatura que tiene el sensor.



Figura 4.25. Escalamiento de la señal analógica.

PID Hornos

En este bloque procedemos a configurar e ingresar los parámetros de control que se utilizarán para poder controlar el PID como ganancia proporcional, acción integral y acción derivativa, también se debe tomar en cuenta la configuración de las entradas y salidas esto mediante una memoria que se la denominará de acuerdo a la programación.

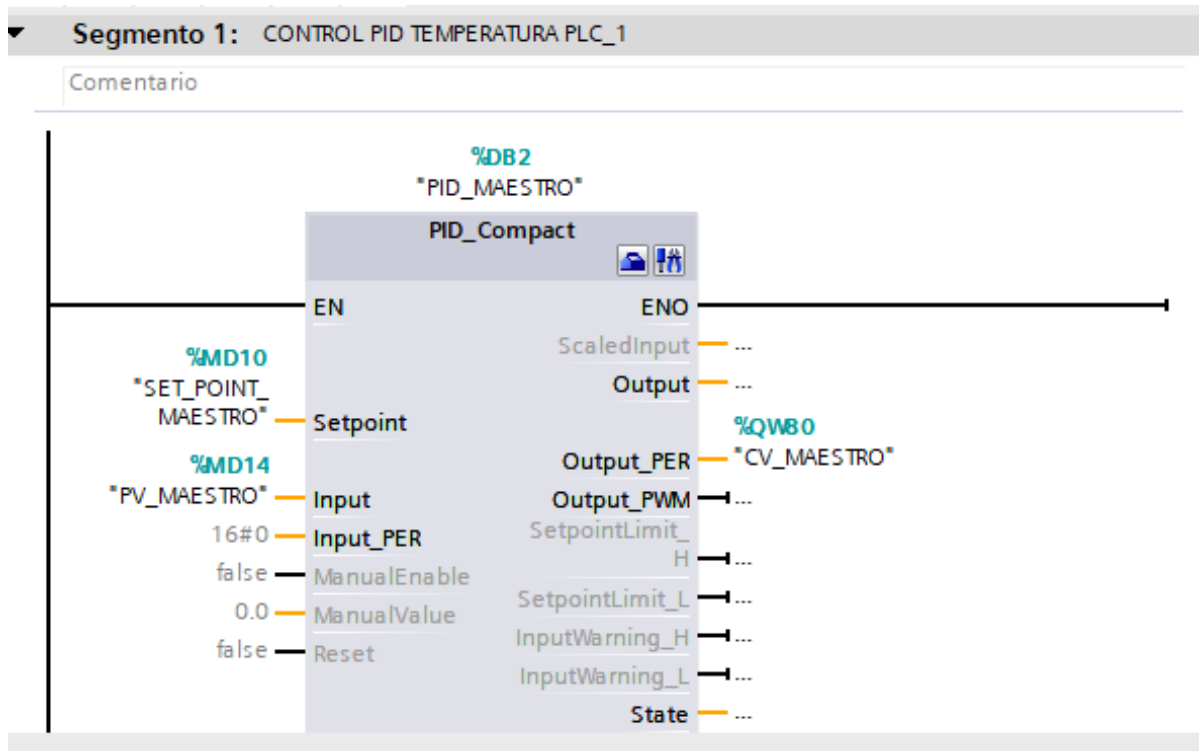


Figura 4.26. Configuración parámetros control PID.

Diagrama de control

En este apartado podemos ver cómo está conectado cada uno de los componentes que son empleados para el control de temperatura de los hornos, cada uno de estos elementos están identificados con sus entradas y salidas, así como el voltaje, corriente y resistencia.

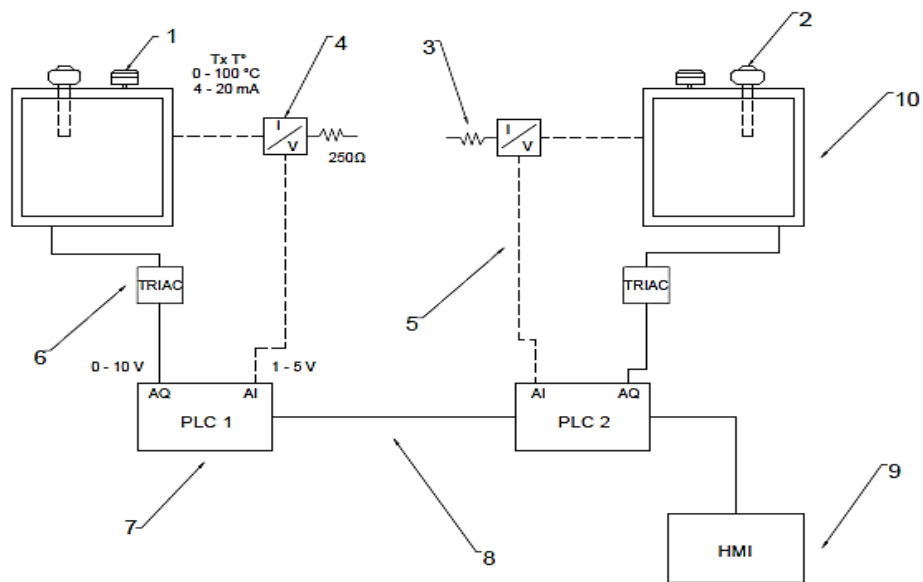


Figura 4.27. Diagrama control de temperatura de dos hornos.

Como se puede observar en la figura 4.27 muestra el esquema de conexión de cómo funciona la red ethernet conectada a todo el sistema de control con el fin de poder visualizarlo en un HMI o un computador para ponerlo en funcionamiento con el SCADA desarrollado.

Tabla 4.6. Elementos del diagrama de control.

Elementos y características del diagrama de control	
1	Transmisor RTD
2	PT-100
3	Resistencia 250 Ω
4	Convertor de corriente a voltaje
5	Cables de conexión
6	Control de fase
7	PLC S7-1200
8	Cable Ethernet
9	Computador

4.4 DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Para el desarrollo del SCADA se utilizó el software Ignition, el mismo que tiene herramientas para supervisión y revisión de datos, dicho software también permite interactuar con la interfaz hombre máquina y a la vez proporciona ciertas características que permite el control de estado en tiempo real, así como también adquisición de datos sin límite alguno.

4.4.1 Pantalla Principal

En esta pantalla se observa el panel frontal de nuestro el proyecto, así como también los autores y a la vez los botones que se enlazan con cada uno de los controles de cada uno de los hornos, donde se podrá visualizar los datos recibidos por el sensor el PT-100 y la termocupla tipo K.



Figura 4.28. Pantalla principal del SCADA.

4.4.2 Control Hornos

En esta pantalla se podrá visualizar el estado y comportamiento de cada una de las variables tales como el Set Point, Control Value y el Process Value, las mismas que se las pueden observar en las señales de tendencia en tiempo real, también permite al operador dar un valor a la temperatura de acuerdo a las necesidades que se tengan; de igual manera existen botones que permitirá al operario interactuar entre ventanas.

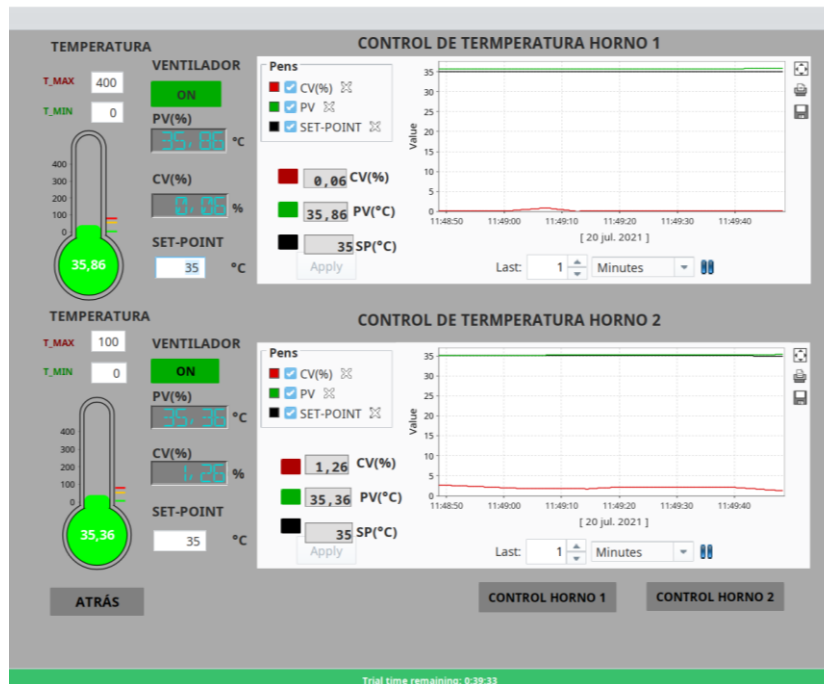


Figura 4.29. Control de las Variables de temperatura.

4.4.3 Pantalla de Reportes

En esta pantalla se puede observar los reportes de cada uno de los hornos, a medida que se le vayan modificando sus temperaturas los reportes variarán y los datos obtenidos serán en tiempo real.

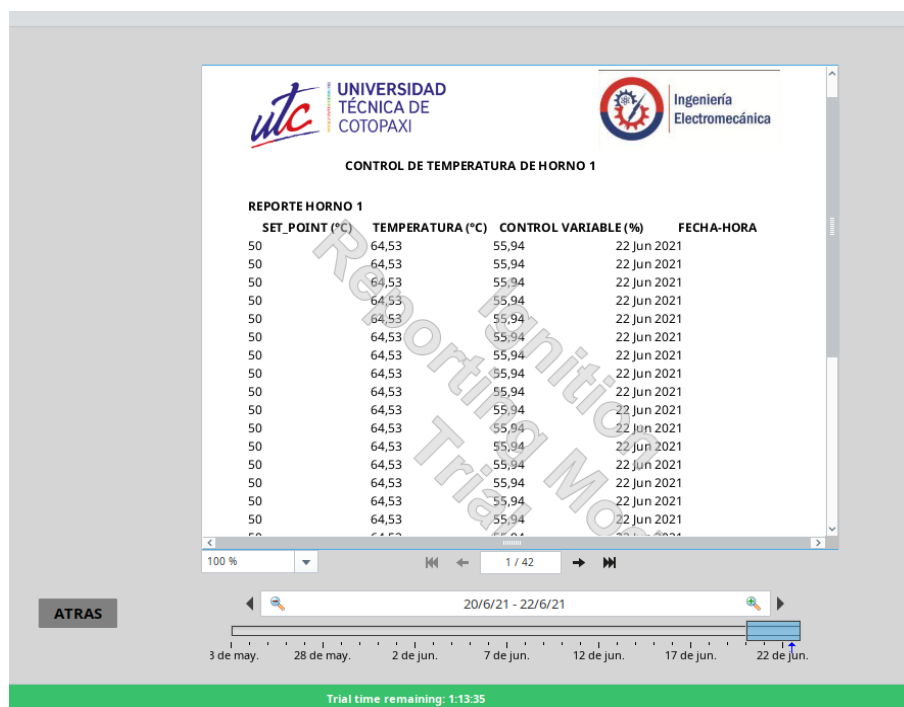


Figura 4.30. Reportes de la temperatura de los hornos.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se describe el análisis y resultados obtenidos al realizar el sistema SCADA y conectarlo a su red ethernet para poder realizar pruebas para controlar las variables de temperatura y poder analizar los datos recolectados para poder interpretar cada una de las variables que intervienen en el control PID de temperatura y así poder verificar el funcionamiento de los módulos de los hornos de temperatura mediante sus curvas de tendencia y validando su funcionamiento con una cámara termográfica para verificar el los grados de temperatura de cada uno de los hornos.

5.1 MÓDULO DE HORNO DE TEMPERATURA

Como se describió en el capítulo anterior se logró fabricar los hornos de temperatura y el diseño de su sistema SCADA para poder realizar pruebas con el fin de verificar su funcionamiento, en el Anexo D y E, se puede visualizar las conexiones que se debe realizar en cada horno con los PLCS, el control de carga resistiva y la red ethernet para el uso adecuado de los módulos y poder controlar las variables de temperatura

5.2 COMUNICACIÓN ENTRE LA RED ETHERNET Y EL SISTEMA SCADA

El Ignition es un software en línea para el diseño de programación de sistemas SCADA para poder realizar las pruebas en donde se crea una base de datos para comunicar los módulos de PLC mediante una conexión ethernet cabe recalcar que el software permite al usuario poder realizar sus proyectos en un tiempo de 2 horas y al transcurrir este tiempo se debe activarlo de nuevo para seguir comunicando y recibiendo datos al SCADA.

5.3 PRUEBA DEL CONTROL PID DE TEMPERATURA Y SUS VARIANTES

5.3.1 PRUEBA DE CONTROL ANÁLISIS TEMPERATURA HORNO 1

La programación del PID la observamos en el Anexo F, para definir las constantes del control se utilizó los métodos de sintonización aplicados en el capítulo anterior los que se menciona también en la fundamentación teórica, donde para el horno 1 se aplicó los setpoint de 100 °C sentido por la PT-100 obteniendo los siguientes resultados y recopilando la información en tiempo real que se muestran en la figura 5.1. donde se visualiza el valor dado en el sistema SCADA que se observa que está en línea con la red ethernet en el panel frontal y podemos observar el Set Point planteado.

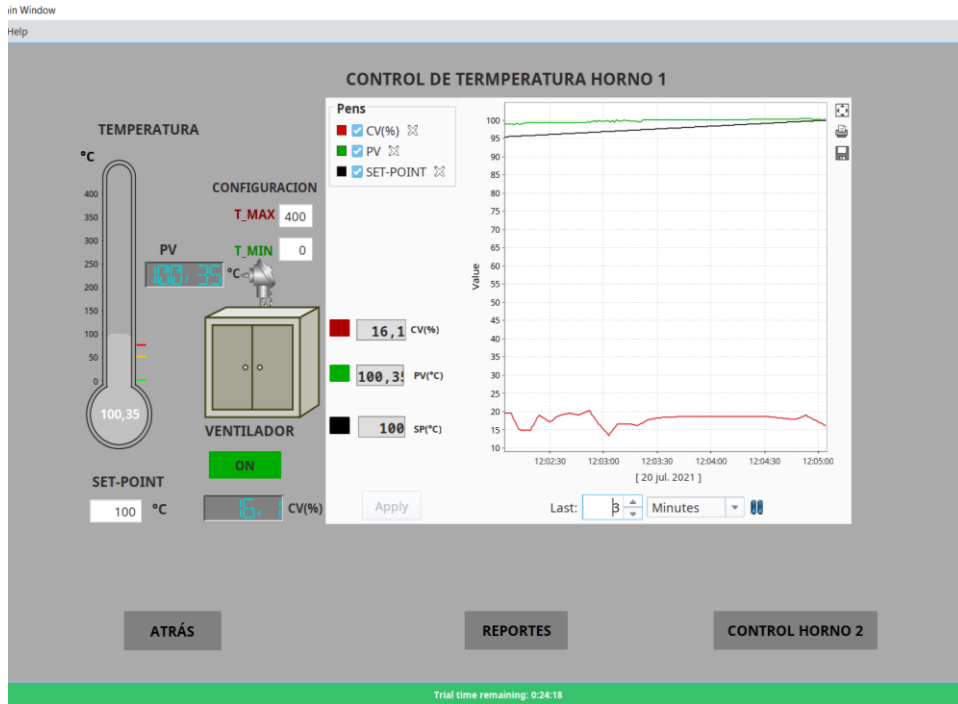


Figura 5.1. Panel frontal sistema SCADA horno 1.

En la figura 5.2 observamos el comportamiento del control PID con un setpoint de 100°C y de igual manera podemos observar la forma que obtiene la curvas con los valores de tendencia de las variables de temperatura en tiempo real para poder analizarla que nos arroja nuestro sistema SCADA.

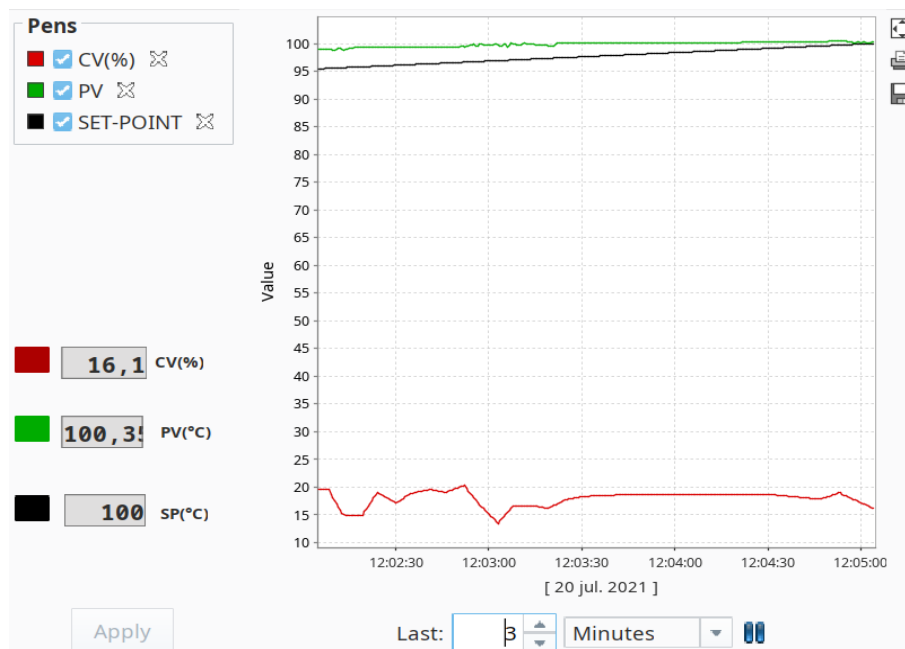


Figura 5.2. Comportamiento de variables de temperatura horno 1.

Para validar el setpoint de 100 °C que se planteó anteriormente se utilizó una cámara termográfica de marca SATIR PK80 cuyas características se observa en el Anexo E para verificar que nuestro horno llega a la temperatura establecida y como se muestra en la figura 5.3. En base a la fotografía tomada por la cámara de la resistencia tubular se observa el valor de la temperatura que tiene el módulo.

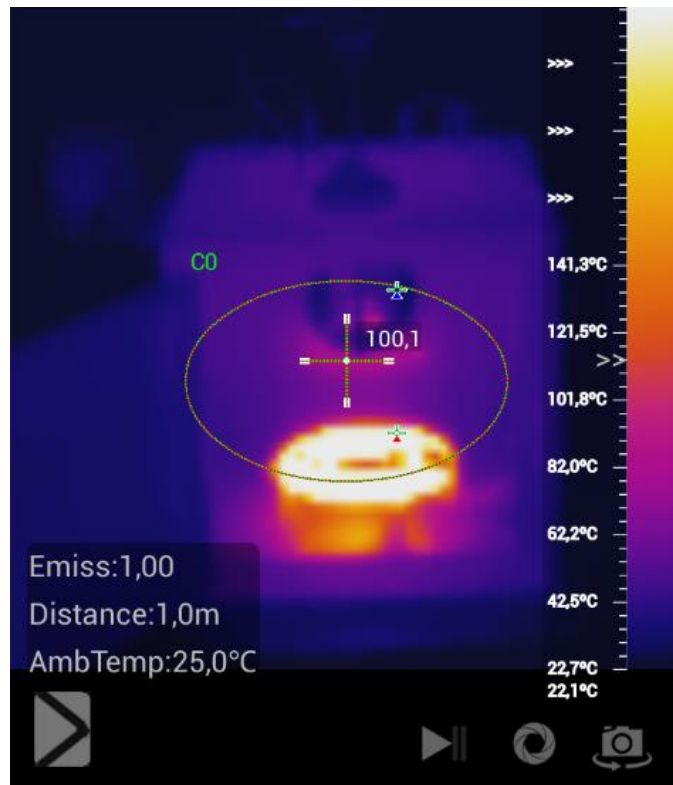


Figura 5.3. Cámara termográfica 100°C.

Para observar los datos de las variables de temperatura del setpoint planteado y tener la curva de cada variable en tiempo real nuestro sistema SCADA permite bajar un archivo en Excel en donde se observa como actúa cada variable es decir datos del setpoint, proceso de la variable y control de la variable permitiendonos en tiempo real poder analizar cada rango de temperatura y porcentaje de la carga que se transmite cada minuto hasta que el sistema se estabilice como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Reportes de las variables con setpoint de 100°C.

TIEMPO	SALIDA (CV)	TEMPERATURA (PV)	SETPOINT (SP)
0	9,24	109,14	100
5	8,82	109,13	100
10	8,61	109,13	100
15	8,39	109,13	100
20	8,17	109,12	100
25	7,96	109,12	100
30	7,74	109,12	100
35	7,52	109,11	100
40	7,31	109,11	100
45	7,09	109,11	100
50	6,88	109,11	100
55	6,66	109,10	100
60	6,44	109,10	100
65	6,23	109,10	100
70	6,01	109,09	100
75	5,80	109,09	100
80	5,58	109,09	100
85	5,36	109,08	100
90	5,15	109,08	100
95	4,93	109,08	100
100	4,72	109,08	100
105	4,50	108,98	100
110	4,28	108,93	100
115	4,07	108,88	100
120	3,85	108,83	100
125	3,63	108,78	100
130	3,42	108,73	100
135	3,20	108,68	100
140	2,99	108,63	100
145	2,77	108,58	100
150	2,55	108,28	100
155	2,45	108,23	100
160	2,35	104,18	100
165	2,25	104,13	100
170	2,15	102,08	100
175	2,05	102,03	100
180	2,00	100,08	100
185	1,90	100,03	100

Gracias a los datos proporcionados por el sistema SCADA a través del archivo Excel como se muestra en la tabla 5.1. Otro medio de verificación sería obtener la gráfica con los datos proporcionados y observar si el sistema se estabiliza al setpoint planteado como se muestra en la figura 5.4. que es la representación de las variables de temperatura con un tiempo de 185 segundos de muestreo.

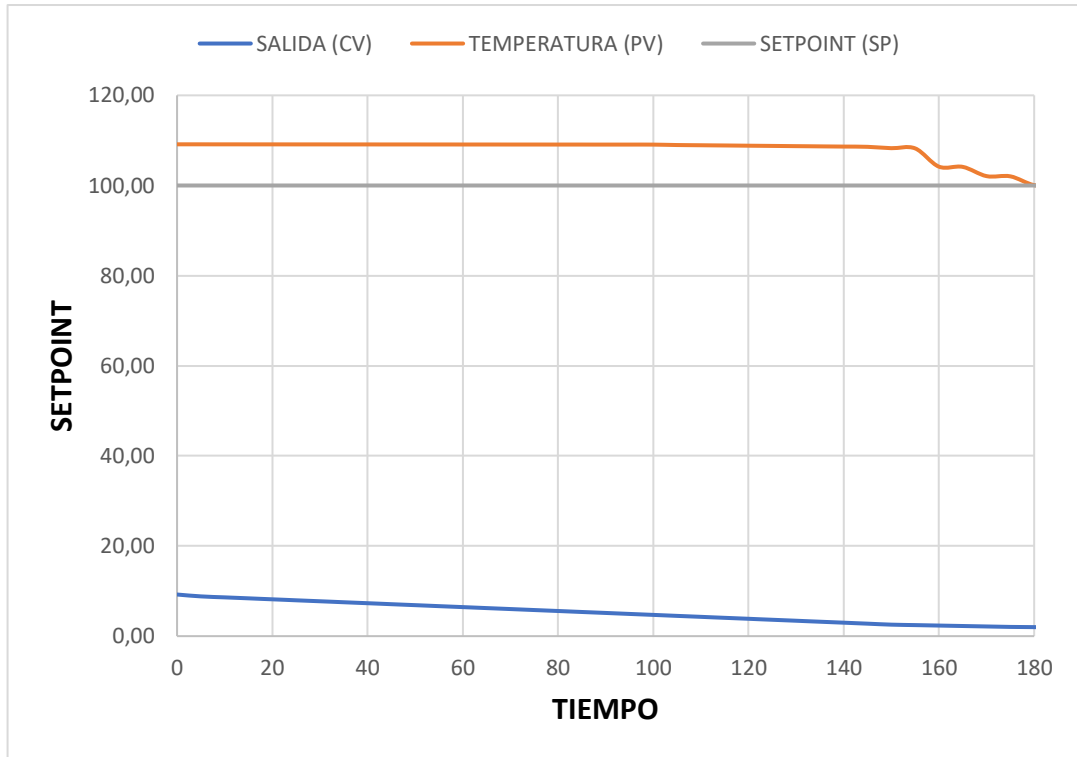


Figura 5.4. Datos obtenidos representados setpoint 100°C.

Otro medio de verificación que implementamos es el de medir el voltaje de nuestro transmisor inteligente para verificar que está trabajando con los parámetros programados que son de 0 a 100 °C es por eso que para el horno 1 que trabaja con un sensor PT-100 se le aplico un setpoint a su máximo es decir de 100 °C y se comprobó que a la salida de nuestro trasmisor inteligente al llegar al máximo de temperatura y estabilizar el sistema el voltaje de nuestro trasmisor debe llegar a 5V como se observa en la figura 5.5. y vemos que los valores se aproximan al setpoint establecido en el horno 1.

Multímetro verde: Voltaje del transmisor (V).

Multímetro naranja: Temperatura carga resistiva (°C)



Figura 5.5. Valor de voltaje del transmisor setpoint 100°C.

5.2.2 PRUEBA DE CONTROL ANÁLISIS TEMPERATURA HORNO 2

Para encontrar las constantes del control para el horno 2 se aplicó los setpoint de 80°C sentido por el termopar tipo K obteniendo los siguientes resultados y recopilando la información en tiempo real que se muestran en la figura 5.6. donde se visualiza el valor dado en el panel frontal del horno 2 y podemos observar el setpoint planteado.

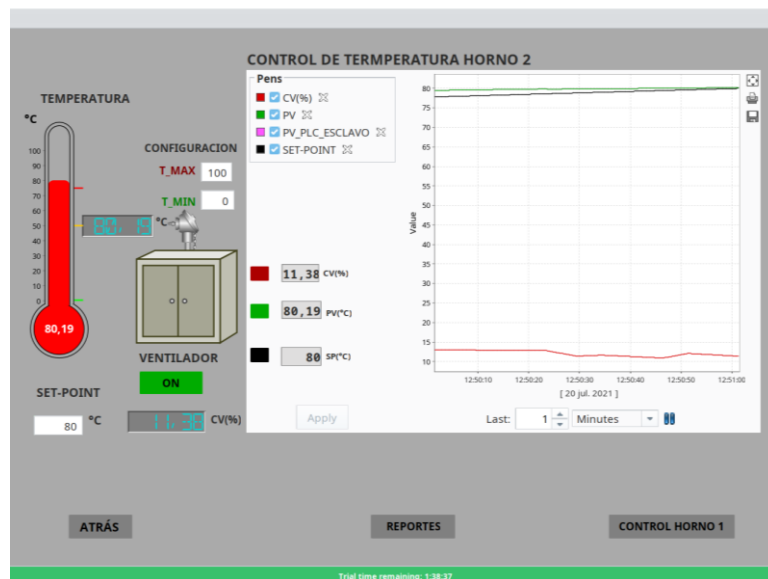


Figura 5.6. Panel frontal sistema SCADA horno 2.

En la figura 5.7. observamos el comportamiento del control PID con un setpoint de 80°C que nos sensa el termopar al igual las curvas obtenidas establecidas por el setpoint planteado en tiempo real para poder analizarla y ver cómo actúan las variables de temperatura en el sistema SCADA.

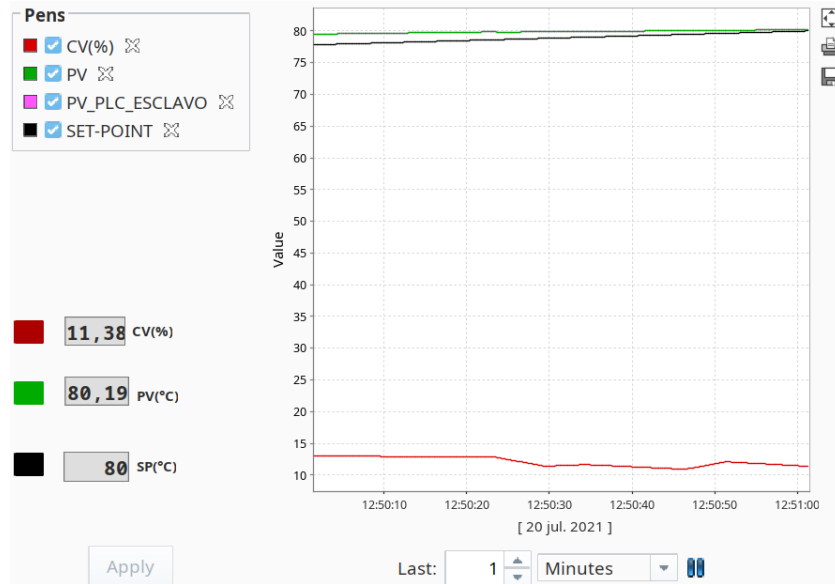


Figura 5.7. Comportamiento de variables de temperatura horno 2.

Se puede validar el Set Point de 80 °C que se planteó para el horno 2 utilizando la cámara termográfica para verificar que nuestro horno llega a la temperatura establecida y como se muestra en la figura 5.8. En base a la fotografía tomada por la cámara de la resistencia tubular se observa el valor de la temperatura que tiene el módulo.

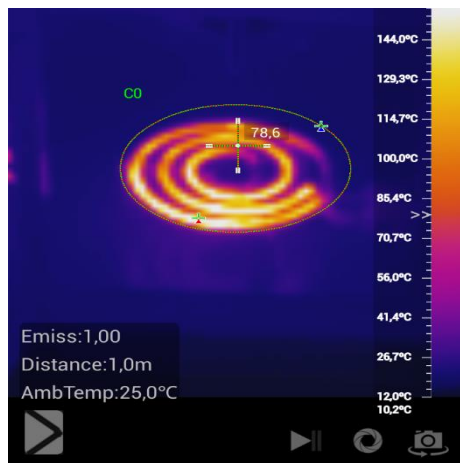


Figura 5.8. Cámara termográfica 80°C.

De igual manera para el setpoint dado en el horno dos se generó el reporte de los datos obtenidos por el sistema SCADA en tiempo real bajando el archivo en Excel de los datos de las variables de temperatura del setpoint planteado en donde se observa cómo actúa cada variable permitiendo en tiempo real poder analizar cada rango de temperatura y porcentaje de la carga que se transmite cada minuto hasta que el setpoint se estabilice como se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Reportes de las variables con setpoint de 80 °C.

TIEMPO	SALIDA (CV)	TEMPERATURA (PV)	SETPOINT (SP)
0	13,02	76,76	80
5	12,76	76,86	80
10	12,51	76,96	80
15	12,25	77,06	80
20	11,99	77,16	80
25	11,73	77,26	80
30	11,47	77,35	80
35	11,22	77,45	80
40	10,96	77,55	80
45	10,70	77,65	80
50	10,54	77,75	80
55	10,47	77,81	80
60	10,42	77,97	80
65	10,36	78,10	80
70	10,31	78,20	80
75	10,26	78,30	80
80	10,23	78,39	80
85	9,86	78,49	80
90	9,59	78,59	80
95	9,32	78,68	80
100	9,06	78,78	80
105	8,79	78,88	80
110	8,52	78,97	80
115	8,25	79,07	80
120	7,99	79,16	80
125	7,72	79,26	80
130	7,45	79,36	80
135	7,18	79,45	80
140	6,92	79,55	80
145	6,65	79,65	80
150	6,38	79,74	80
155	6,11	79,84	80
160	5,85	79,94	80
165	5,58	80,03	80
170	5,31	80,13	80
175	5,15	80,19	80
180	5,65	80,35	80
185	5,87	80,36	80

Obtenidos los datos por el sistema SCADA dados por el mismo sistema como se mencionó anteriormente y observados en la tabla 5.2. procedemos a obtener la gráfica con los datos proporcionados y observar si el sistema se estabiliza al setpoint planteado como se muestra en la figura 5.9. que es la representación de la variables de temperatura con un tiempo real de 185 segundos de muestreo.

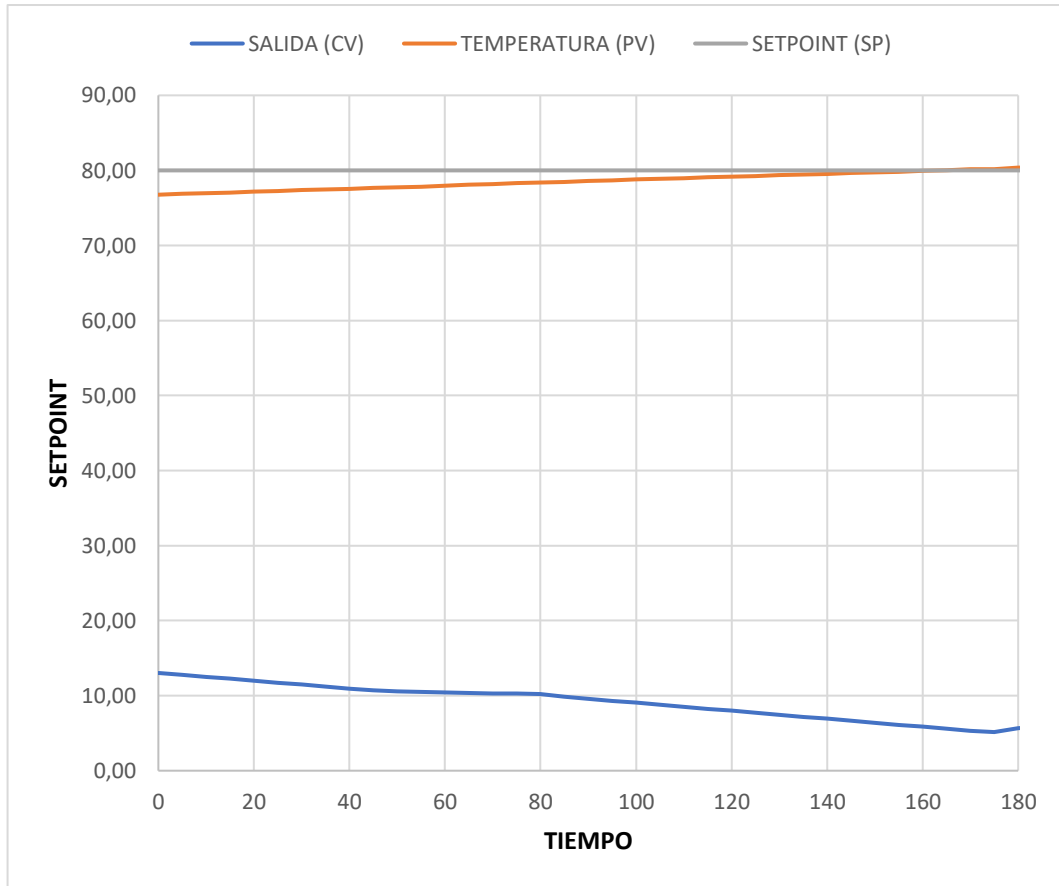


Figura 5.9. Datos obtenidos representados setpoint 80°C.

En el caso del horno 2 que trabaja con un termopar tipo K a este se le implemento un setpoint de 80 °C y de la misma manera verificamos el funcionamiento de nuestro transmisor inteligente y se pudo observar que los valores medidos están en los rangos establecidos y nuestro dispositivo funciona correctamente como se muestra en la figura 5.10.

Multímetro verde: Voltaje del transmisor (V).

Multímetro naranja: Temperatura carga resistiva (°C)



Figura 5.10. Valor de voltaje del transmisor setpoint 80°C.

5.4 COMPARACIÓN DEL HORNO 1 Y HORNO 2

En este apartado se pretende hablar sobre los resultados obtenidos de cada uno de los hornos ya que ambos usan distintos sensores y existe diferencias entre ellos con los resultados obtenidos anteriormente es por eso que se pretende explicar el funcionamiento de cada uno con distinto setpoint y ver su comportamiento.

Como se observa en la figura 5.11. se tiene el panel de control de los dos hornos de temperatura donde se aplicó un setpoint de 100°C con una carga resistiva de 1100W donde podemos decir que debido a que este tiene una potencia alta en su carga el tiempo que tarda en llegar a su setpoint es menor que el horno 2.

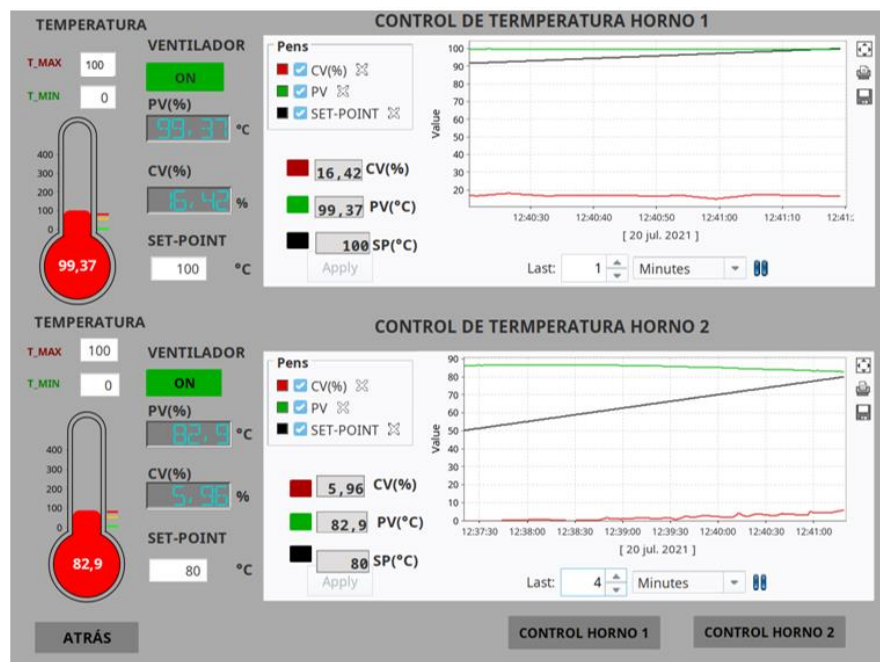


Figura 5.11. Panel frontal de los dos hornos de temperatura.

Por lo tanto, en el horno 2 que tiene una carga con potencia de 1000W y que contiene un sensor termopar tipo K con un setpoint de 80 °C se pudo observar que debido a que la carga tiene potencia distinta el tiempo en llegar a estabilizar el sistema con el setpoint empleado es lento en comparación al del horno uno y cabe recalcar que ambos hornos tienen los mismos parámetros y características al sintonizar los rangos de temperatura siendo la diferencia el tiempo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema SCADA para el control de dos hornos de temperatura, se desarrolló con la finalidad de que los Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica puedan realizar prácticas en su formación tanto académica como profesional y a la vez manejar sensores PT-100, termocuplas, transmisores que son empleados en procesos de control de variables de temperatura.
- En base a la recopilación de información encontrada se pudo analizar y estudiar el funcionamiento de los elementos que conforman el módulo como son los sensores PT100, termocuplas tipo K y transmisores utilizados para el control de las variables de temperatura.
- Se realizó el sistema de control de temperatura en el PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY mediante la programación en el software TIA PORTAL V15, en el que se desarrolló la configuración del PID_Compact, donde se obtiene los parámetros K_p , T_i , T_d , esto en base a la sintonización del método Ziegler- Nichols, el cual es uno de los métodos más utilizados en la regulación de controles industriales.
- Mediante el uso del módulo de los hornos de temperatura se realizó el manual de operación para el correcto manejo del equipo al igual que se desarrolló guías prácticas que validen el funcionamiento del mismo.
- En base a todo lo desarrollado se logró conseguir una correcta comunicación al momento de enviar datos entre los módulos PLC y el sistema SCADA el cual funcionó a través del protocolo Ethernet basados en la arquitectura Maestro – Esclavo que son compatibles con los controladores lógicos programables.

RECOMENDACIONES

- Para evitar daños en el módulo didáctico por mala manipulación del mismo se recomienda verificar el manual de operación y los diagramas de conexiones con la finalidad de obtener un correcto funcionamiento tanto de los equipos como de elementos utilizados que conforman cada uno de los hornos de temperatura.
- Se debe controlar las variables de temperatura tanto del horno 1 como del horno 2 se debe tener en cuenta el rango mínimo y máximo de temperatura dependiendo de las características de cada uno de los sensores utilizados para la medición de estas variables.

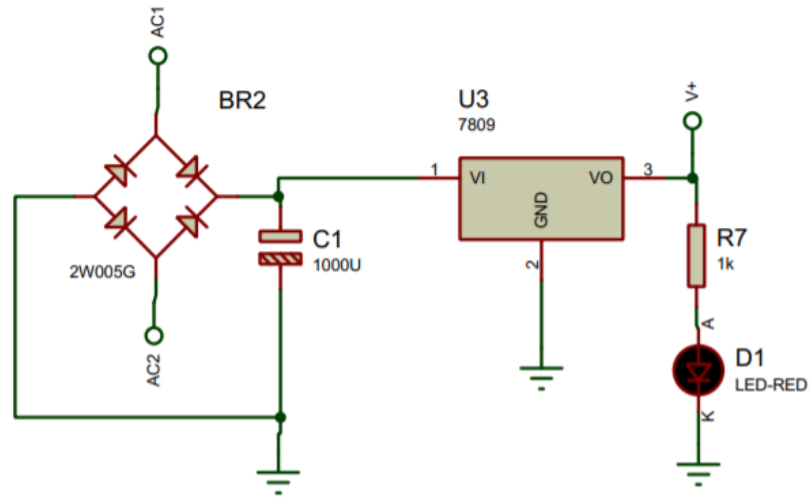
- Al trabajar con los sistemas de control de temperatura se debe tomar en cuenta con que tensión y corriente trabaja cada parte que conforma el horno es por eso que se recomienda revisar la nomenclatura que viene inscrita en cada uno de los elementos que componen los hornos, el control de carga resistiva y el conversor de voltaje a corriente para evitar que se produzca daños internamente en cada uno de ellos.
- Se recomienda para la correcta comunicación del sistema SCADA con la red ethernet se debe verificar que las direcciones IP esté ajustada a las necesidades requeridas por el operador.
- Es necesario tener en cuenta que al trabajar con temperaturas altas en los hornos se debe tomar medidas de protección y seguridad.

7. BIBLIOGRAFÍA

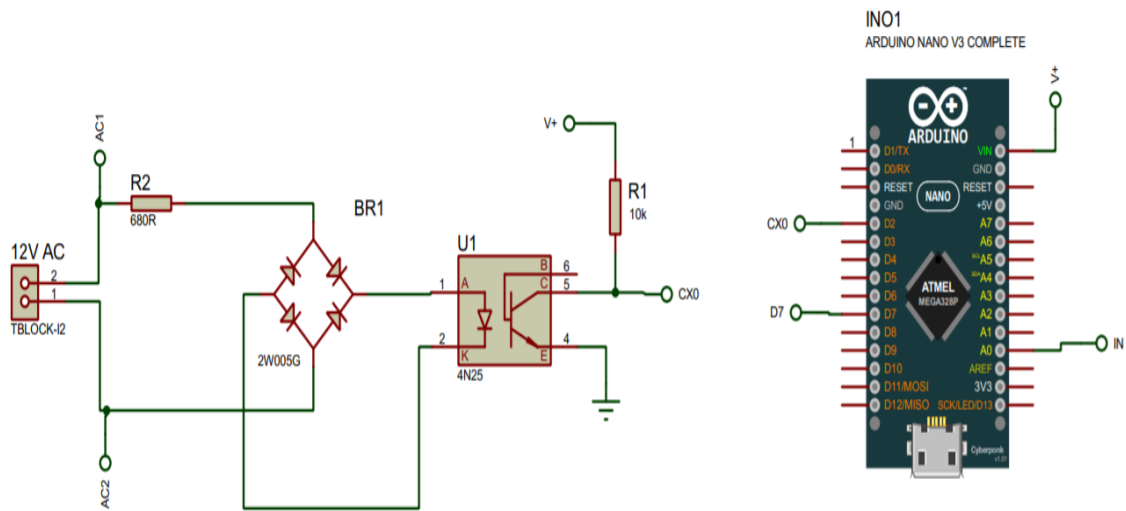
- [1] E. Gomez and D. Paneluisa, “Diseño, Construcción e Implementación de un Módulo Didáctico para la Evaluación del Comportamiento de Sensores de Temperatura, Controlado Mediante PLC y monitoreado Mediante Intouch”, 2015.
- [2] J. Arévalo and V. Ramiro, “Rediseño y Construcción de un Sistema de Control de Temperatura para el Horno Eléctrico Resistivo del Laboratorio de Tratamiento Térmicos,” 2014.
- [3] J. Caicedo and G. Zambrano, “Sistema SCADA utilizando protocolos Industriales Ethernet, Modbus y Wireless para el monitoreo y Control de Procesos,” 2018.
- [4] J. Herrera, “Análisis de la Administración Remota de un Sistema de Control de Procesos De Temperatura, Nivel, Presión,” 2019.
- [5] J. Gómez, “Diseño de Control de Temperatura con PLC y Sistema de Supervisión SCADA vía Ethernet,” 2009.
- [6] J. Muñoz and K. Castolo, “Control de temperatura con PID,” 2018.
- [7] J. Sanchez, “INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL AVANZADO DE PROCESOS“, 2013.
- [8] Lab-Volt (Quebec) Ltda., “Control de procesos de temperatura,” 2005.
- [9] S. Gomariz, D. Biel, and J. Matas, “Teoría de Control Diseño Electrónico,” *Barcelona*, vol. 1, 1998.
- [10] W. Lima, I. Bezerra, J. Bezerra, and A. Goncalves, “Mathematical Modeling and PID Controller Parameter Tuning in a Didactic Thermal Plant,” vol. 15, p. 1250,1256, 2011.
- [11] L. Alpi, “Control PID: Rompiendo la barrera del tiempo.,” 2019. .
- [12] K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna*, Segunda. 2009.
- [13] K. Ogata, *Sistemas de control en tiempo discreto*, Segunda ed. 2008.
- [14] K. Ogata, *Ingeniería de control Moderna*, Quinta. Madrid, 2010.
- [15] C. Rios, “Sintonización del lazo de control de un modelo de simulación de un horno empleando el método lambda,” 2013.
- [16] V. Guerrero, R. Yuste, and L. Martinez, “*Comunicaciones Industriales*,” 1ra.ed. Barcelona, 2009.

- [17] F. Lopez and R. Zurita, “Instrumentación de Procesos Industriales-Profibus,” *En línea*, 2016. <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-devicenet>.
- [18] R. Zurita, “Instrumentación de Procesos Industriales-Modbus,” *En línea*, 2016. <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-controlnet-1>.
- [19] Tecnología Avanzada para Mantenimiento, Cámara Termográfica PK 80, Querétaro-México. [En línea]. Disponible: <http://www.bcl-ingenieria.com.ar/productos/camaras/img/K-80.pdf>

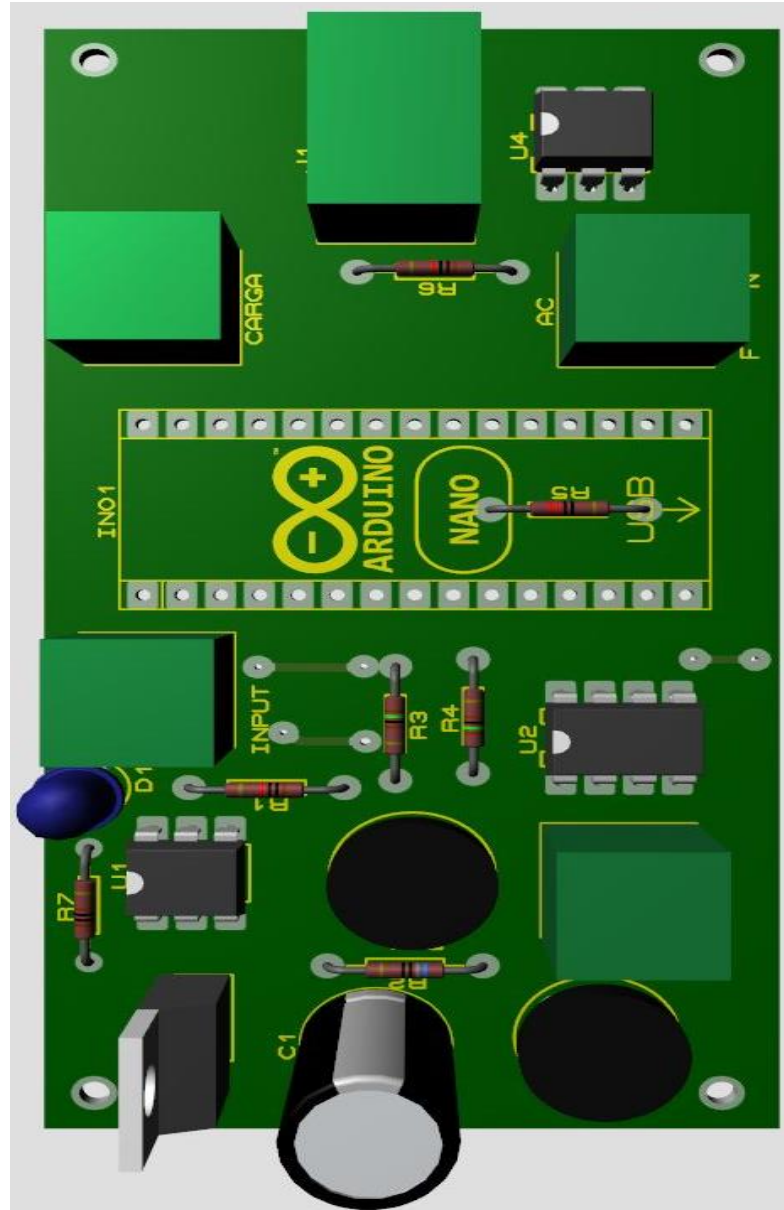
ANEXOS



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

```
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial
```

```
//#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
SoftwareSerial BT(10,11); // Definimos los pines RX y TX del Arduino
```

```
//LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //LCD VERDES
```

```
#define potenciómetro 0 //A1
```

```
#define disparo1 7
```

```
int tiempo=0;
```

```
int contador=0;
```

```
int valorPot=0;
```

```
int valorsalida=0;
```

```
int tiempppdisparo=500;
```

```
String p;
```

```
int disparo=0;
```

```
int disp=0;
```

```
int temC=0;
```



```
int angulo=0;

int tp=0;

unsigned long startMillis;

unsigned long currentMillis;

const unsigned long period= 200;

uint32_t t0;

uint32_t t1;

void setup() {

    pinMode (disparo1, OUTPUT);

    attachInterrupt (0, Cruce cero, RISING); //SE HABILITA LA INTERRUPCION POR EL PIN
D2

    Serial. begin (9600);

    delay (500);

    t0 = millis ();

    t1 = millis ();

}

void loop ()

{
```

```

lectura_analogica ();

}

void Cruce_cero () //LOS CRUCES POR CERO SON TOMADOS POR MEDIO DE UNA
INTERRUPCION
{
    delayMicroseconds(valorsalida);
    digitalWrite (disparo1, HIGH); //SE DISPARA POR ESTOS PINES A LOS SCR
    delayMicroseconds(tiempdisparo);
    digitalWrite (disparo1, LOW);
}

void lectura_analogica ()
{
    valorPot=analogRead(potenciometro);
    //temC= (((5 * valorPot) *100) /1024);
    delayMicroseconds (5);
    valorsalida=map(valorPot,0,1023,7800,400);
    //ang = map (valorsalida, 7800, 450, 180, 0);
    //Serial.print(valorPot);
    //Serial.print(";");
    //Serial.println(valorsalida);
}

```

HIC TCH Intelligent Temperature Transmitter Configuration Software V1.0

Step1 - Serial Port

Please select the serial port No COM

1

Start

X - Real Time Temp.(No Function)

Main variable temp: °C

4 Stop

Step2 - Input Setting

Sensor: 2

Min Temp: °C

Max Temp: °C

Clear

3

X- No Function Buttons

DO Not Click !
Warning: DO NOT click the X buttons below, otherwise, its output becomes abnormally. Tks.

None: mA

X - DO Not Click !

3.9 mA 16 mA

4 mA 20 mA

8 mA 20.8 mA

12 mA mA

Procedimiento para la configuración del Programa HIC TCH

Intelligent Temp. Transmitter Software V3.0

1	Seleccionar el COM y presionar el botón Start.
2	Escoger el tipo de sensor a utilizar.
3	Dar clic en el botón Read y automáticamente se ingresa el valor mínimo y máximo de temperatura de acuerdo al sensor utilizado.
4	Por último, se da clic en el botón x y se visualizará la temperatura que marca el sensor.



Modelo	PK-80
Resolución	80x80
Sensibilidad Térmica (N.E.T.D)	$\leq 0.10^{\circ}\text{C}@30^{\circ}\text{C}$
Resolución Espacial	4.6 mrad
Campo de Visión	21°x 21°/0,5m
Mecanismo de Enfoque	Ajuste Automático
Presentación de la Imagen	
Modo Imagen	IR/CCD
Pixeles Visibles	Alta Definición CCD, 8 Milliones de Pixeles
Pantalla LCD	Pantalla Capacitiva Táctil 5.5"
Formato de Archivos	.JPG
Medición	
Rango de Temperatura	-20°C ~ +150°C, (150°C ~ 350°C - opcional)
Precisión	De las lecturas $\pm 2^{\circ}\text{C}$, $\pm 2\%$
Modos de Medición	3 spots movibles, captura automática de puntos máximos frío y caliente, análisis isotérmico, área de análisis circular, área de análisis rectangular.
Interfaces	
Capacidad de Batería	4,000 MAH
Duración de la Batería	Hasta 5 Horas
Características de Protección	
Protección	IP 54
Resistencia a Choque/Vibración	25G/2G
Resistencia a caída	Si
Temperatura de Operación	-10°C + 50°C
Características Adicionales	
Wi-Fi	Si
Bluethooth	Si
GPS	Si
Memoria incorporada	Si
Características Físicas	
Peso	415 gr
Dimensiones	174x102x36 mm

Fuente: [19]

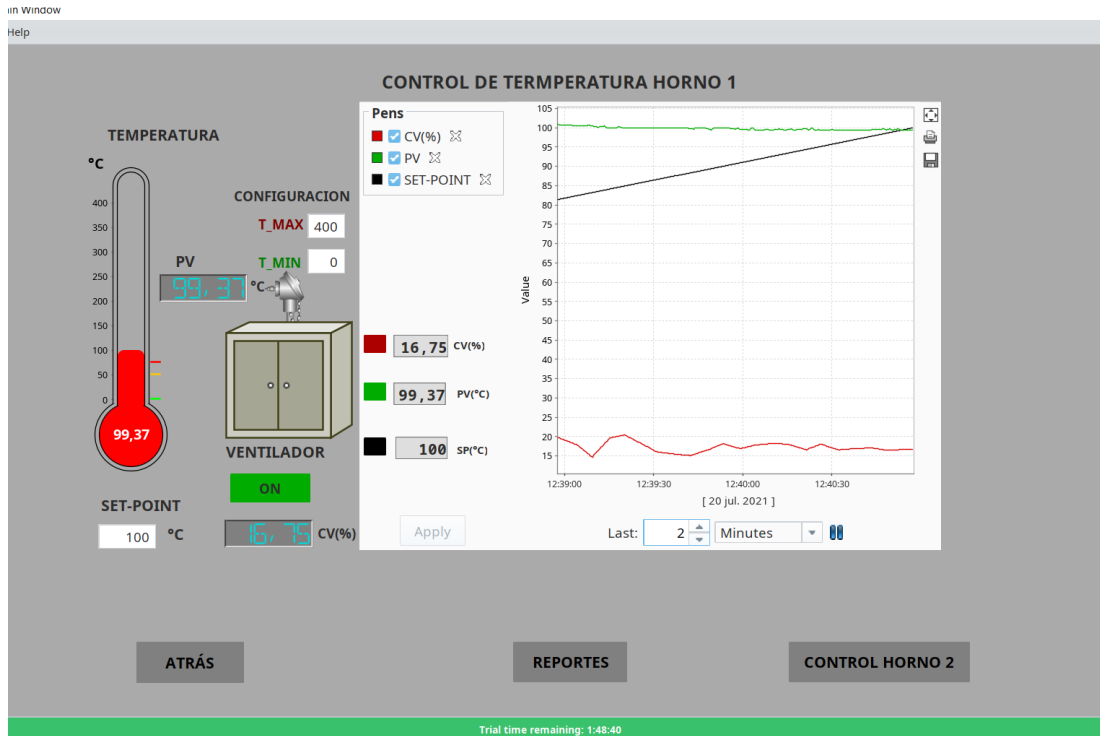
TIEMPO	SALIDA	TEMPERATURA	SETPOINT
0	19,82	61,40	66,41
5	21,09	60,76	66,76
10	14,97	62,70	66,76
15	14,64	62,74	67,11
20	20,34	63,35	67,11
25	21,66	63,93	67,45
30	13,95	64,66	67,45
35	12,33	64,83	67,80
40	20,87	65,98	67,80
45	14,56	66,63	68,15
50	19,07	65,98	68,15
55	19,09	66,63	68,50
60	12,85	67,29	68,50
65	12,87	67,44	68,85
70	18,12	67,94	68,85
75	10,58	67,94	69,20
80	17,37	69,24	69,20
85	17,70	69,24	69,55
90	11,88	69,90	69,55
95	16,70	69,93	69,89
100	9,30	70,24	69,89

Fuente: Autores.

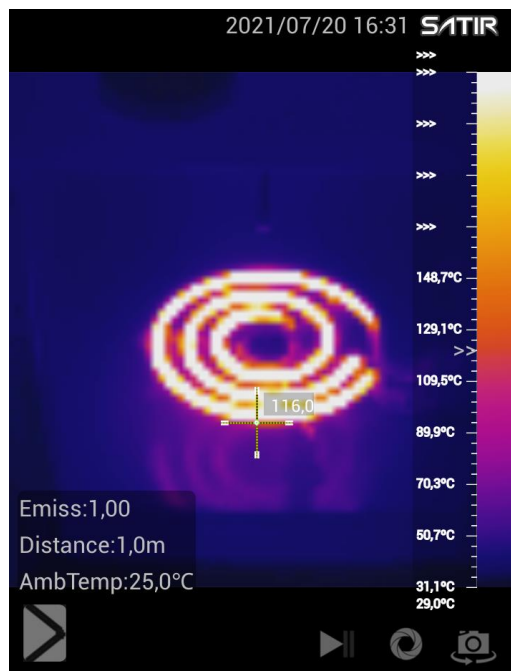
TIEMPO	SALIDA	TEMPERATURA	SETPOINT
0	11,68	69,54	71,87
5	11,68	69,89	71,87
10	13,55	70,19	71,89
15	13,55	69,85	71,89
20	13,11	69,87	71,92
25	13,05	69,85	71,95
30	15,91	69,54	71,95
35	13,77	70,19	71,98
40	13,77	70,02	71,98
45	11,67	69,95	72,01
50	9,58	69,90	72,04
55	9,04	69,89	72,07
60	10,81	70,47	72,07
65	10,50	70,31	72,10
70	10,49	70,28	72,13
75	13,56	70,63	72,13
80	15,38	70,30	72,16
85	15,38	70,48	72,16
90	16,08	70,43	72,18
95	16,08	69,96	72,18
100	14,21	70,48	72,21

Fuente: Autores.

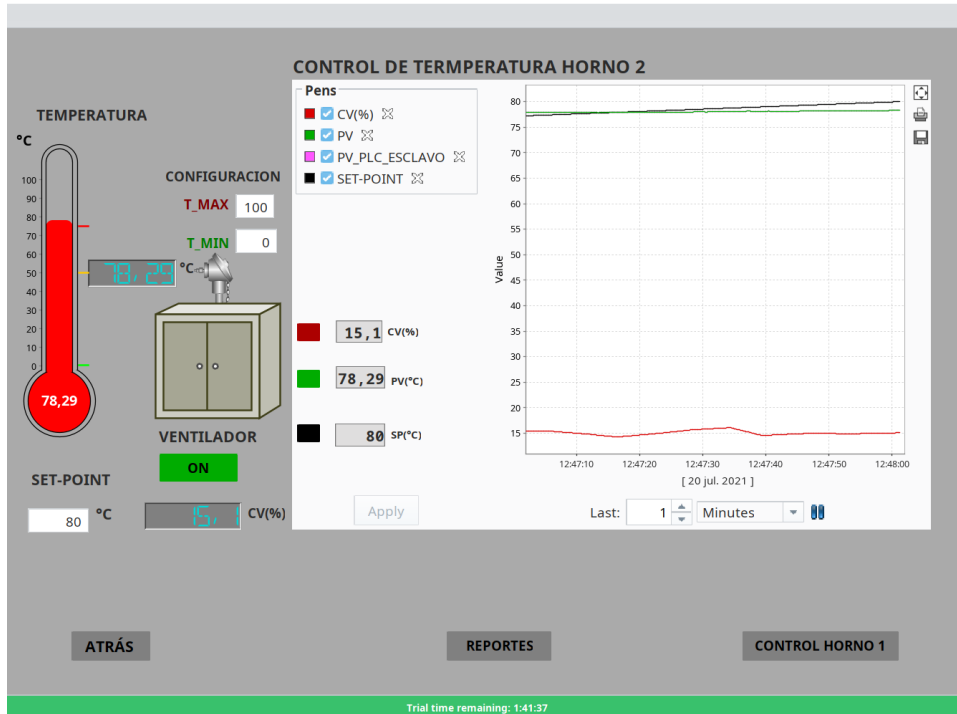
100 °C PT-100



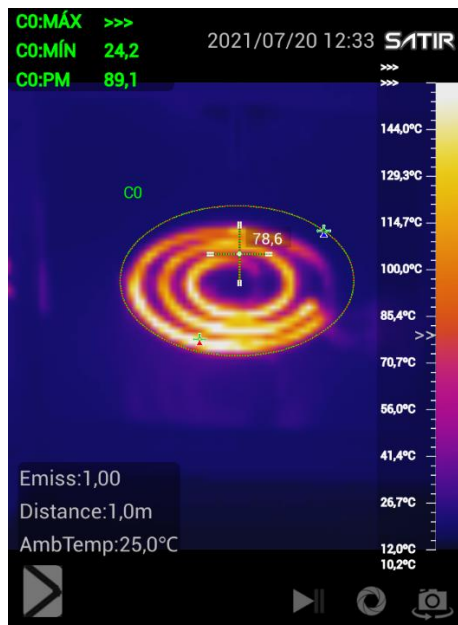
Fuente: Autores.



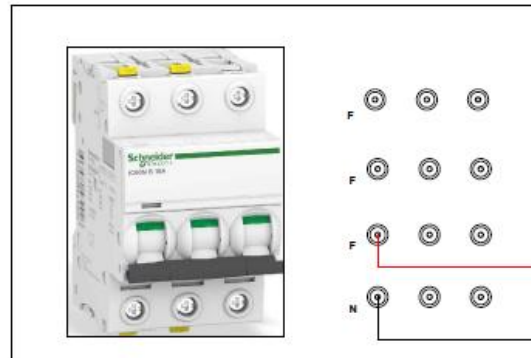
Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

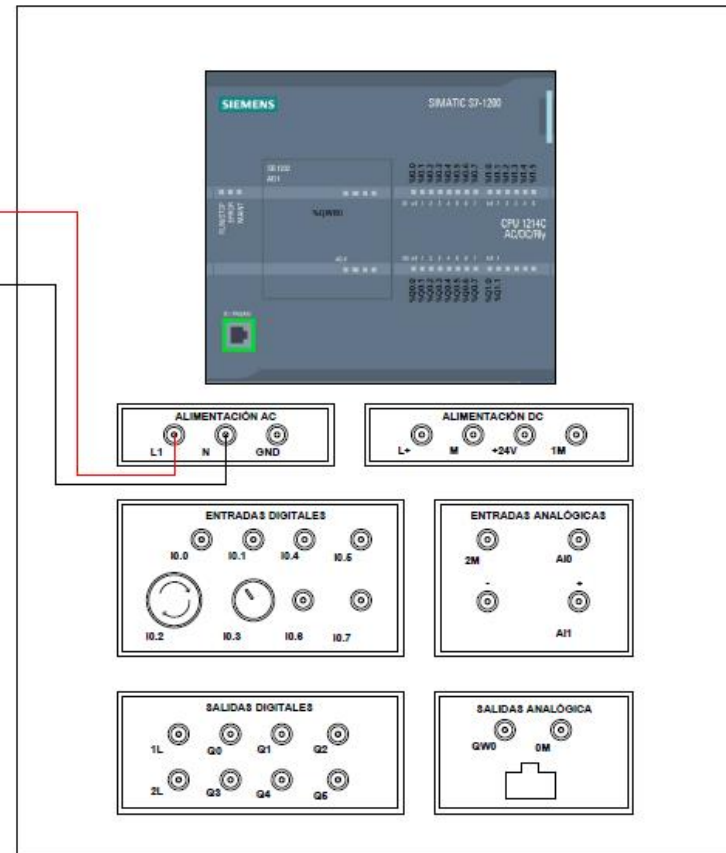


Fuente: Autores.



MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

MÓDULO DE PLC S7-1200



ANEXO

FECHA

14/07/2021

CARRERA

I

DIBUJADO

MICHAEL LÓPEZ
LUIS VARGAS

ELECTROMEQUÍPICA

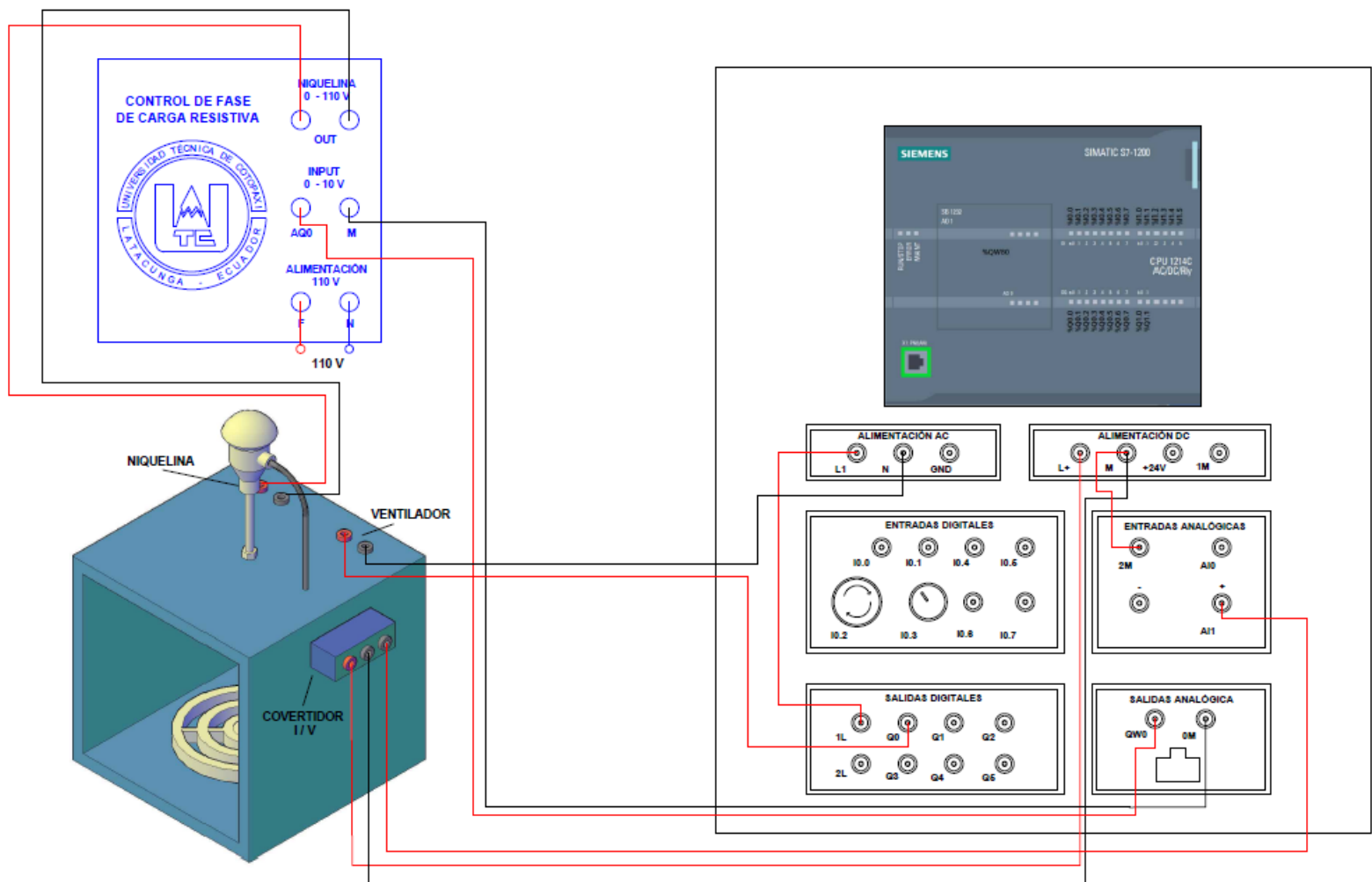
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

ESCALA
1:1

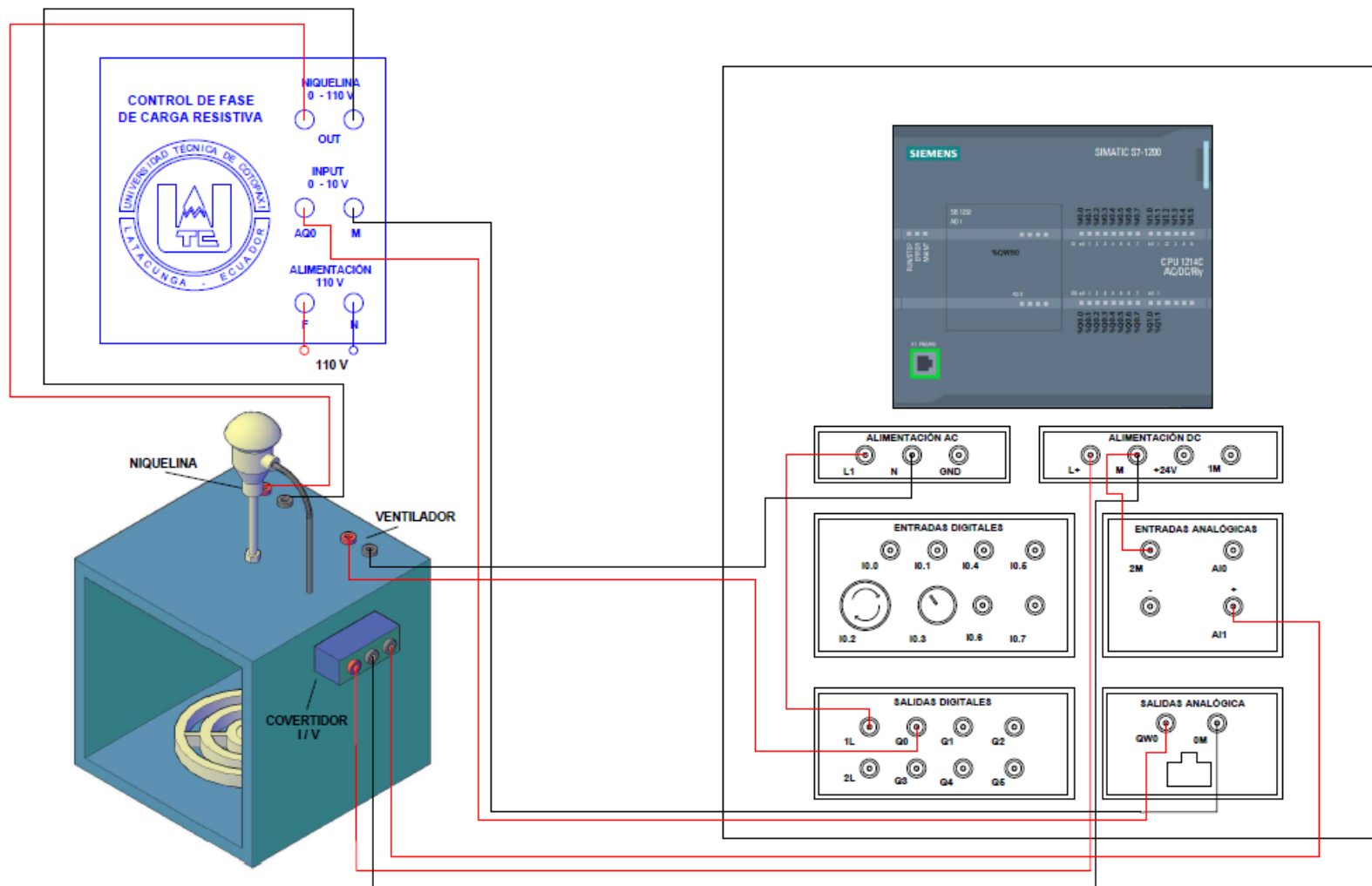
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

TEMA:

CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN AL MÓDULO PLC

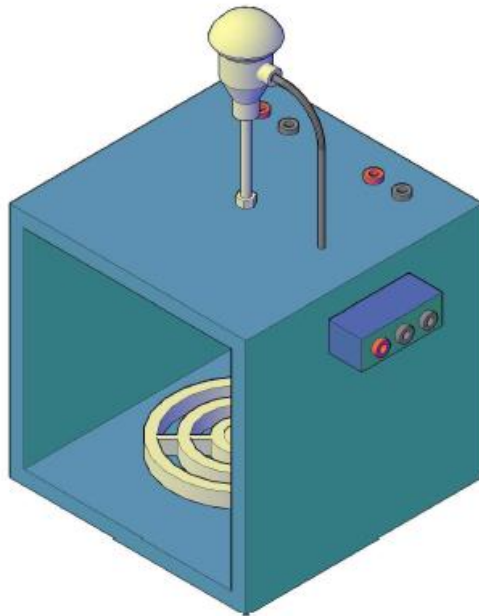


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	ANEXO	FECHA	14/07/2021	CARRERA	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
	J	DIBUJADO	MICHAEL LÓPEZ LUIS VARGAS	ELECTROMECAÁNICA	
		ESCALA 1:1	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		TEMA:

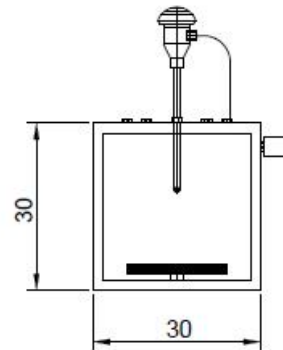


	ANEXO	FECHA	14/07/2021	CARRERA	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
	K	DIBUJADO	MICHAEL LÓPEZ LUIS VARGAS	ELECTROMECAÁNICA	
		ESCALA 1:1	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		TEMA: CONEXIÓN DE HORNO 2

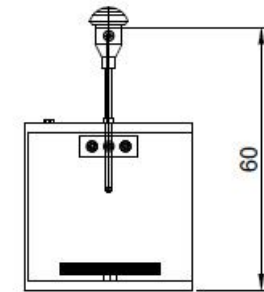
ISOMETRICO HORNO (1:1)



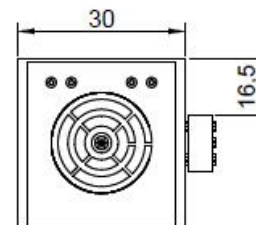
VISTA FRONTAL (1:2)



VISTA LATERAL ISQUIERDA (1:2)

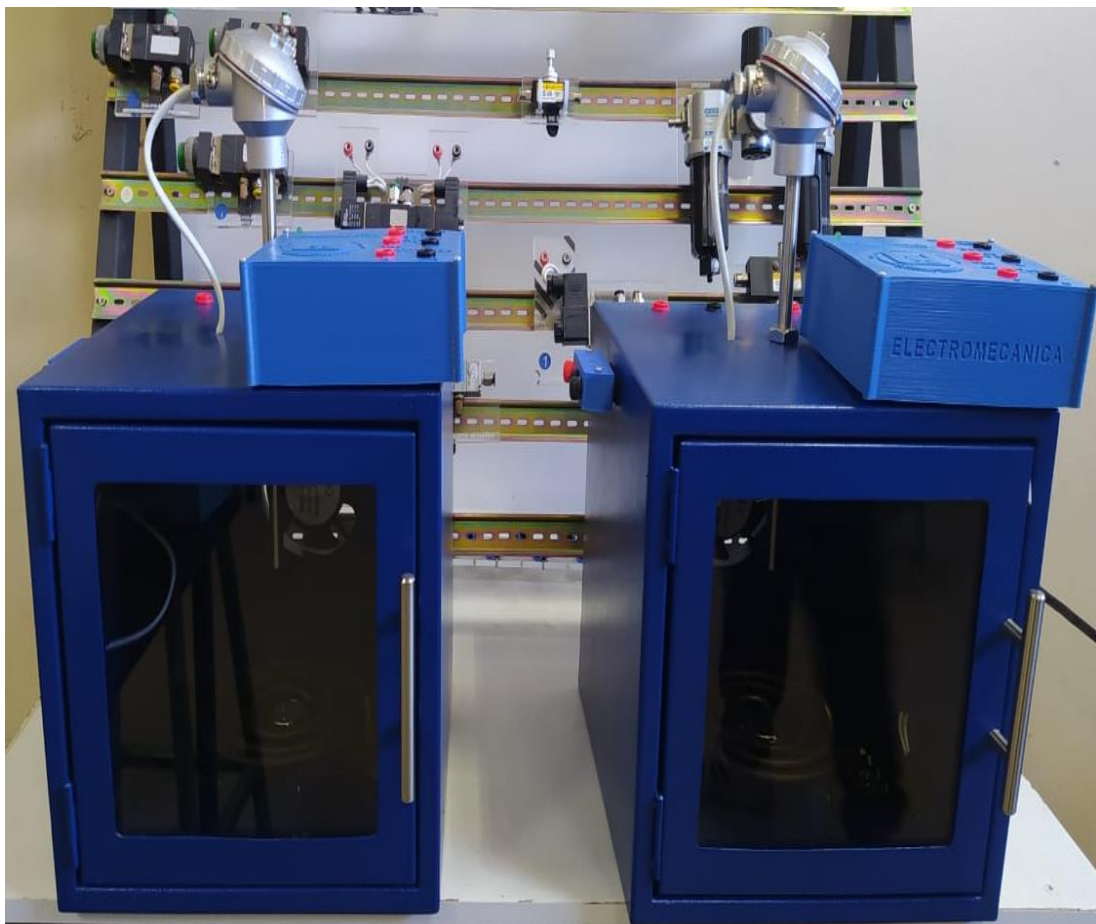


VISTA SUPERIOR (1:2)



	ANEXO	FECHA	14/07/2021	CARRERA	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
	L	DIBUJADO	MICHAEL LÓPEZ LUIS VARGAS	ELECTROMECAÁNICA	
		ESCALA 1:1	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		TEMA: PLANO DIMENSIONES HORNOS

MANUAL DE USO PARA LOS HORNOS DE TEMPERATURA



Antes de manipular el módulo de los hornos de temperatura se debe leer detalladamente el manual de uso.

En el presente manual contiene la información de todas las características de los hornos de temperatura, componentes, conexiones y el uso correcto de su funcionamiento es por eso que debe ser leído antes de manipular los sistemas que usa para realizar el control de temperatura en el sistema SCADA desarrollado para su control.

1. DESCRIPCIÓN

Este equipo es un módulo electromecánico, construido con el objetivo de realizar prácticas de control de variables de temperatura y poder analizar las curvas de tendencia proporcionadas por una carga resistiva es decir una resistencia tubular, utilizando como programación un sistema SCADA proporcionado por el software Ignition y TIA PORTAL para lo cual este módulo está destinado a realizar prácticas de laboratorio como:

- Control ON / OFF de temperatura.
- Control PID de temperatura.
- Sistema SCADA con red ethernet

Como elementos sensores, el módulo dispone de un sensor PT-100, una termocupla tipo K y un transmisor inteligente que son los que nos ayudarán a obtener las variables de temperatura.

2. CARACTERÍSTICAS

Tabla 2.1. Características del los hornos de temperatura.

Módulo Hornos de temperatura		
	Características	Observación
Material	Caja de tol galvanizado	Evitar abrir y modificar los componentes del módulo. No exceder los rangos de tensiones para evitar daños en los componentes y ocasionar perturbaciones.
Dimensiones	30 x 30 x 30 (cm)	
Alimentación	110 (V)	
Componentes eléctricos		
PLC S7-1200 1212C AC/DC/RLY	24 (V)	
SB 1232, AQ 1 x 12 bit	10(V), 25 (mA)	
Ventiladores de 12 x 12 cm	110 (V)	
Sensor PT-100	4 - 20 mA	
Termocupla tipo K		
Trasmisor RTD	12 - 35 V	

3. INSTALACIÓN DE SOFTWARE

Para utilizar el módulo de los hornos de temperatura se requiere instalar el programa Ignition SCADA estos son los requisitos mínimos para la instalación del software:

- Tener procesador de 32 o 64 bits

Instalación

- Ingresar a <https://inductiveautomation.com/downloads/>
- Según el Sistema Operativo que posea, descargue el correspondiente instalador:

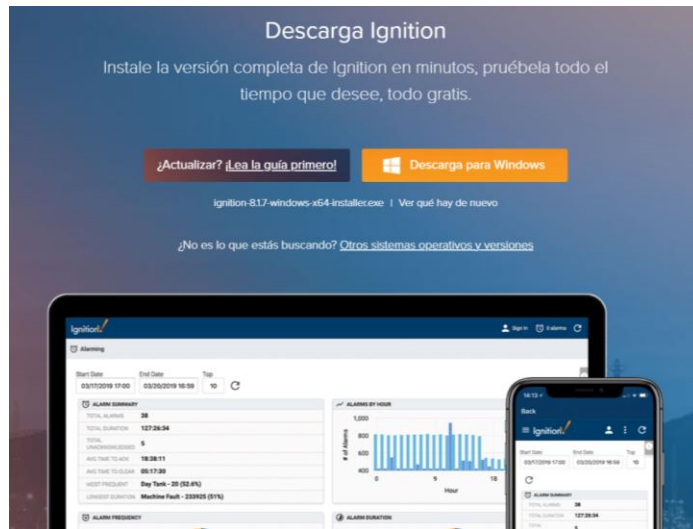


Figura 3.1. Plataforma de Ignition SCADA.

Si usted no conoce cuál es el sistema operativo de su computador, puede consultar en la siguiente dirección: Panel de control/ sistema para Windows 10.

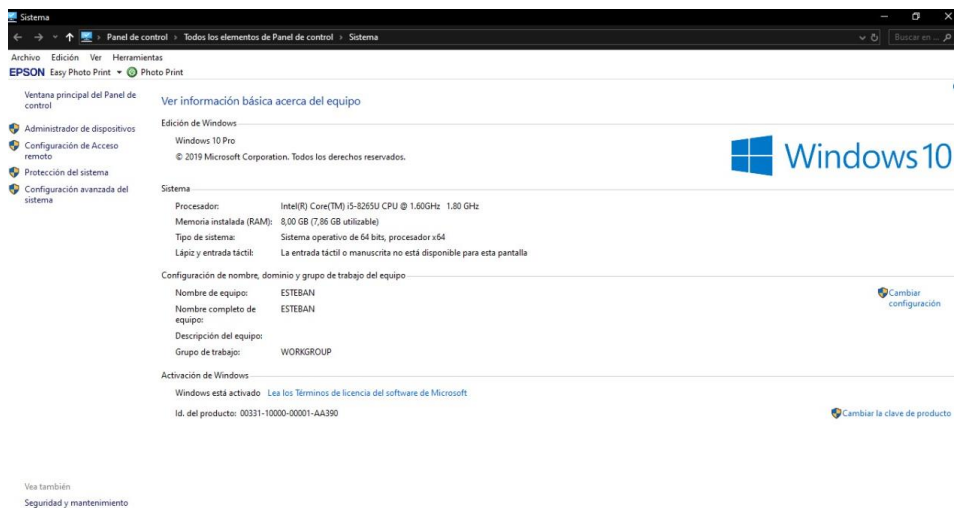


Figura 3.2. Características de PC.

- Al finalizar la descargar, proceda con la instalación.
- Finalizada la instalación se recomienda el reinicio de ordenador.

Instalación Ignition SCADA

- Diríjase a la siguiente página y descarga la última versión:
<https://inductiveautomation.com/downloads/>
- Finalizada la descarga, proceda a descomprimir el archivo en la carpeta que desee alojar el programa.

- Para ejecutar el programa se dirige a la carpeta donde se descomprimió el archivo y da doble clic sobre el icono ignition-8.1.5-windows-x64-installer.

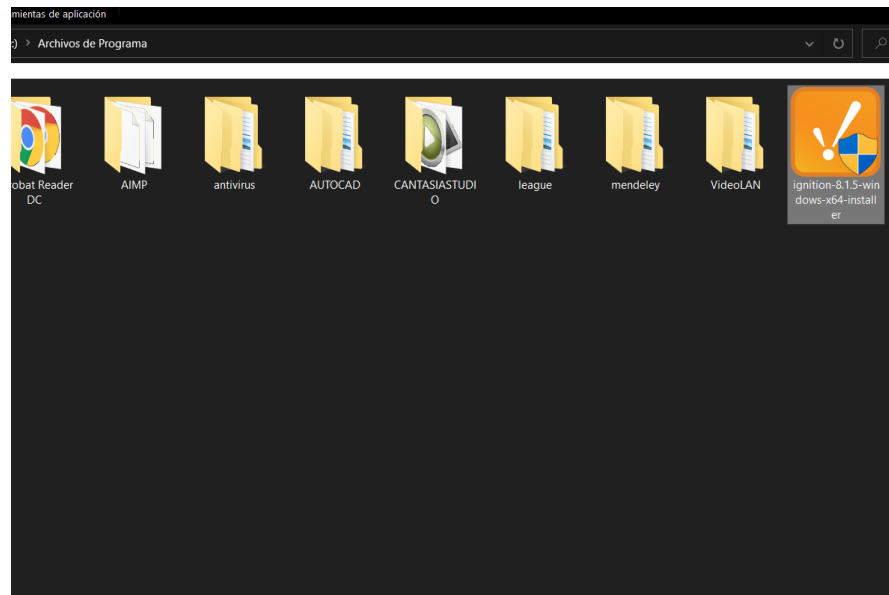


Figura 3.3. Instalador Ignition SCADA.

- Por último, el programa se abrirá.

4. REQUISITOS PARA UTILIZAR EL MÓDULO

Para completar el desarrollo del manual del uso de los hornos de temperatura con éxito se debe completar los siguientes requisitos:

- Leer el manual de uso para el usuario antes de manipular el modulo
- Tener conocimientos básicos sobre automatización y control, manipulación de componentes eléctricos y programación básica de Ignition SCADA.
- Disponer de 2 módulos de PLCs.
- Disponer de 2 computadores.
- Cables de conexión.
- Destornillador plano tipo bornera.
- Poseer las guías de prácticas correspondientes.

5. MANIPULACIÓN DE MÓDULO

- Colocar el módulo sobre una superficie plana y estable para su manipulación y conexión.
- No se puede trabajar con las cajas de los hornos abiertas, asegúrese que estas estén cerradas.

- Utilizar cables cubierto con aislantes y de preferencia con terminales jumper que calcen sobre los terminales.
- Primero realizar todas las conexiones y luego de que se esté seguro de ellas energizar los módulos.

6. CONEXIÓN DE LOS DE TEMPERATURA

A continuación, hablaremos sobre las conexiones para los módulos de los hornos de temperatura como primera conexión debemos conectar la alimentación al módulo PLC conectamos de fase (F) y neutro (N) a la alimentación AC es decir a la L1 y a N como se muestra en la figura 6.1.

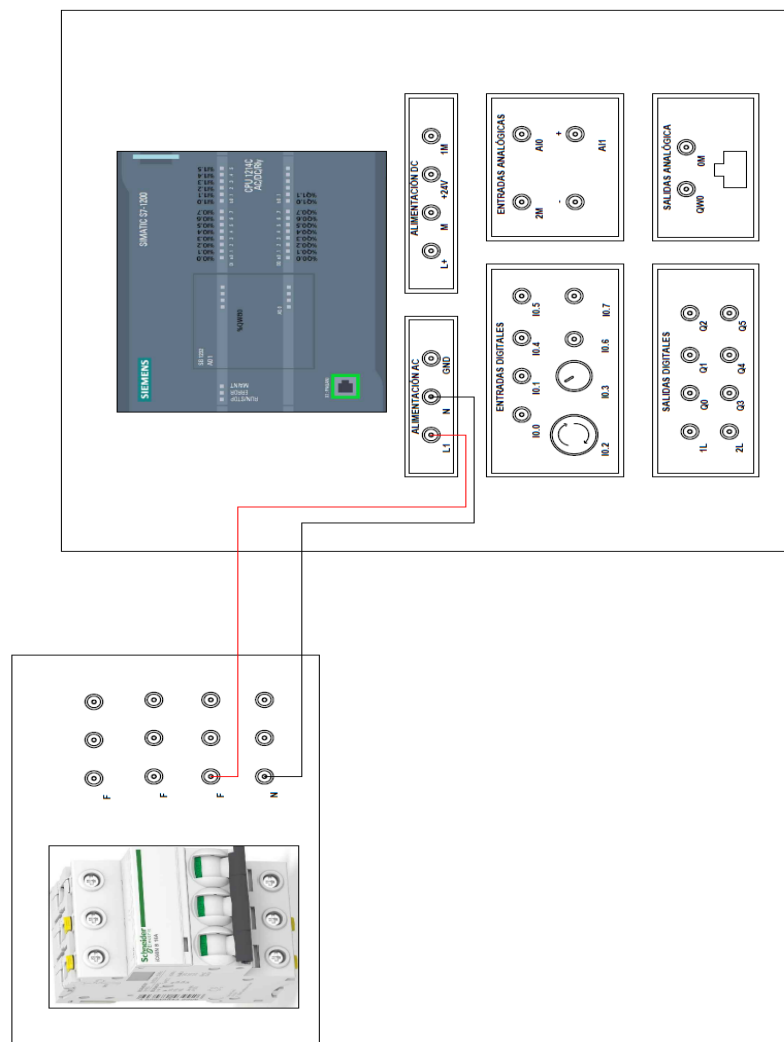


Figura 6.1. Conexión alimentación PLC 110 V.

Para las conexiones de los hornos debemos tener en cuenta que la conexión del horno 1 es igual a la del horno 2 primero debemos conectar la carga es decir la niquelina al circuito de carga resistiva conectamos los terminales del horno a los terminales del circuito de control

donde se especifica (NIQUELINA 110V), luego para conectar el ventilador de los terminales que se encuentran en el horno los conectamos positivo a la salida digital Q0 y negativo a Neutro de alimentación AC, luego realizamos un puente en entre la L1 de alimentación AC con la salida digital 1L, para conectar la INPUT del circuito de carga resistiva conectamos el positivo AQ0 a la salida analógica 0M y su negativo M a la salida analógica QW0, luego para conectar el convertidor de corriente a voltaje la cajita pequeña que se encuentra en la parte lateral del horno realizamos las conexiones de acuerdo a la misma nomenclatura detalla en la caja el terminal L+ con el L+ de alimentación DC de igual manera el terminal M con el M de alimentación DC, el terminal A0 a la entrada analógica A11 por ultimo ya realizada las conexiones como se muestra en la figura 6.2. energizamos los módulos y realizamos las pruebas necesarias.

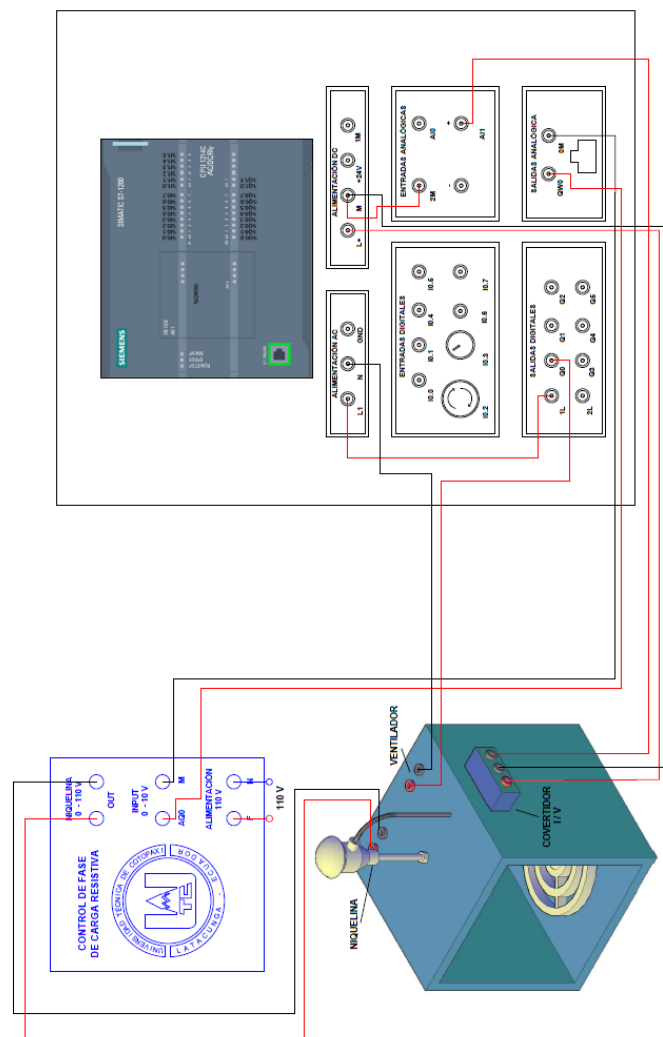


Figura 6.2. Conexiones hornos de temperatura 110V.

Datos importantes

- No realizar conexiones ni modificaciones con el módulo encendido.
- La temperatura máxima a la que llega los hornos de temperatura es de 120 °C en un tiempo de 10 minutos, evitar llegar a estas temperaturas ya que se puede ocasionar problemas en los componentes existentes en los hornos y para evitar esto definir un Setpoint máximo de 100 °C.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	CONTROL ON / OFF DE TEMPERATURA	1

1 OBJETIVO

OBJETIVO

- Realizar una práctica de control de temperatura ON/OFF la misma que permita utilizar las diferentes herramientas del software TIA PORTAL tales como la NORM_X, SCALE_X, COMPARACIÓN, los mismo que ayudaran a configurar lo sensores y el control de la variable de temperatura.
- Definir las condiciones de funcionamiento y operatividad para el desarrollo óptimo y correcto del programa.
- Definir las entras y salidas, así como también las variables a controlar.

2.1 INTRODUCCIÓN

CONTROL ON / OFF

Un controlador ON/OFF es la forma más simple de control de temperatura. La salida del regulador está encendida o apagada, sin un estado medio. Un controlador de temperatura ON/OFF cambia la salida sólo cuando la temperatura atraviesa el punto de ajuste. Para el calentamiento, la salida se activa cuando la temperatura está por debajo del punto de ajuste, y se apaga cuando está por encima del mismo. Cada vez que la temperatura cruza el punto de ajuste, el estado de la salida cambia, la temperatura del proceso oscila continuamente, entre el punto de ajuste.

En los casos en que este ciclo se produce rápidamente, y para evitar daños a los contactores y válvulas, se añade un diferencial de encendido y apagado, o "histéresis", a las operaciones del controlador de temperatura. Este diferencial requiere que la temperatura exceda del punto de ajuste por una cierta cantidad antes de que se active o desactive de nuevo. Un diferencial ON/OFF impide que se produzcan cambios rápidos de conmutación en la salida, si los ajustes se producen rápidamente. El control ON/OFF se utiliza generalmente cuando no es necesario un control preciso, en los sistemas que no pueden soportar cambios frecuentes de encendido/apagado, donde la masa del sistema es tan grande que las temperaturas cambian muy lentamente, o para una alarma de temperatura.

Un tipo especial de control de temperatura ON/OFF utilizado para la alarma es un controlador de límite. Este controlador utiliza un relé de enclavamiento, que se debe restablecer manualmente, y se utiliza para cerrar un proceso cuando una determinada temperatura es alcanzada.

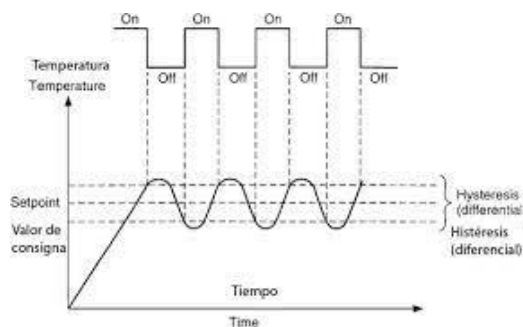


Fig1. Control ON/OFF.

Características de un Control ON/OFF

- Variación cíclica continua de la variable controlada
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta. Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Es la forma más simple de control.
- Bajo precio de instalación.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

Desventajas

- Mínima precisión
- No recomendable para procesos de alto riesgo.

BLOQUE NORM_X

La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada representándolo en una escala lineal, los parámetros mínimos y máximos sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita como número en coma flotante en la salida. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada mínima, la salida devuelve “0.0”, si por el contrario el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada máxima la salida devuelve el valor “1.0”.

BLOQUE SCALE_X

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada mapeándolo en un determinado rango de valores, al ejecutar la instrucción el número en coma flotante de la entrada se escala al rango de valores definido por los parámetros mínimos y máximos. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida.

Se debe determinar cuántas entradas y salidas vamos a utilizar en la programación y declararlas en la tabla de variables estándar en la pestaña “Variables del PLC”.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- 1 Transmisor inteligente PT-100
- 1 Termocupla tipo K
- 1 Resistencia Tubular Eléctrica
- 1 PLC S7-1200 1212C AC/DC/RLY
- 1 Módulo de salidas analógicas 1232 12 12Bits
- 1 Control de fase de carga resistiva.
- 1 Conversor de resistencia I/V (resistencia 250 ohm).
- TP-Link 8 puertos.
- Cables de Ethernet.
- Programa TIA PORTAL.
- Toma trifásica.
- Toma monofásica
- Extensión

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es importante dar a conocer teóricamente los procesos que se va a realizar antes de que los estudiantes procedan a realizar la práctica, deben de tener las precauciones y seguridades socializadas al transcurso del ciclo académico con respecto a las funciones y programación del TIA PORTAL para la programación que se va a realizar.

NOTA: Se debe tener muy en cuenta para realizar este tipo de escalado antes se debe definir variables para que todos y cada uno de los parámetros a programar envíen las señales correctas al PLC para la configuración de los sensores de temperatura.

2.4.ESQUEMAS DE CONEXIÓN

Esquema de conexión de alimentación al módulo PLC

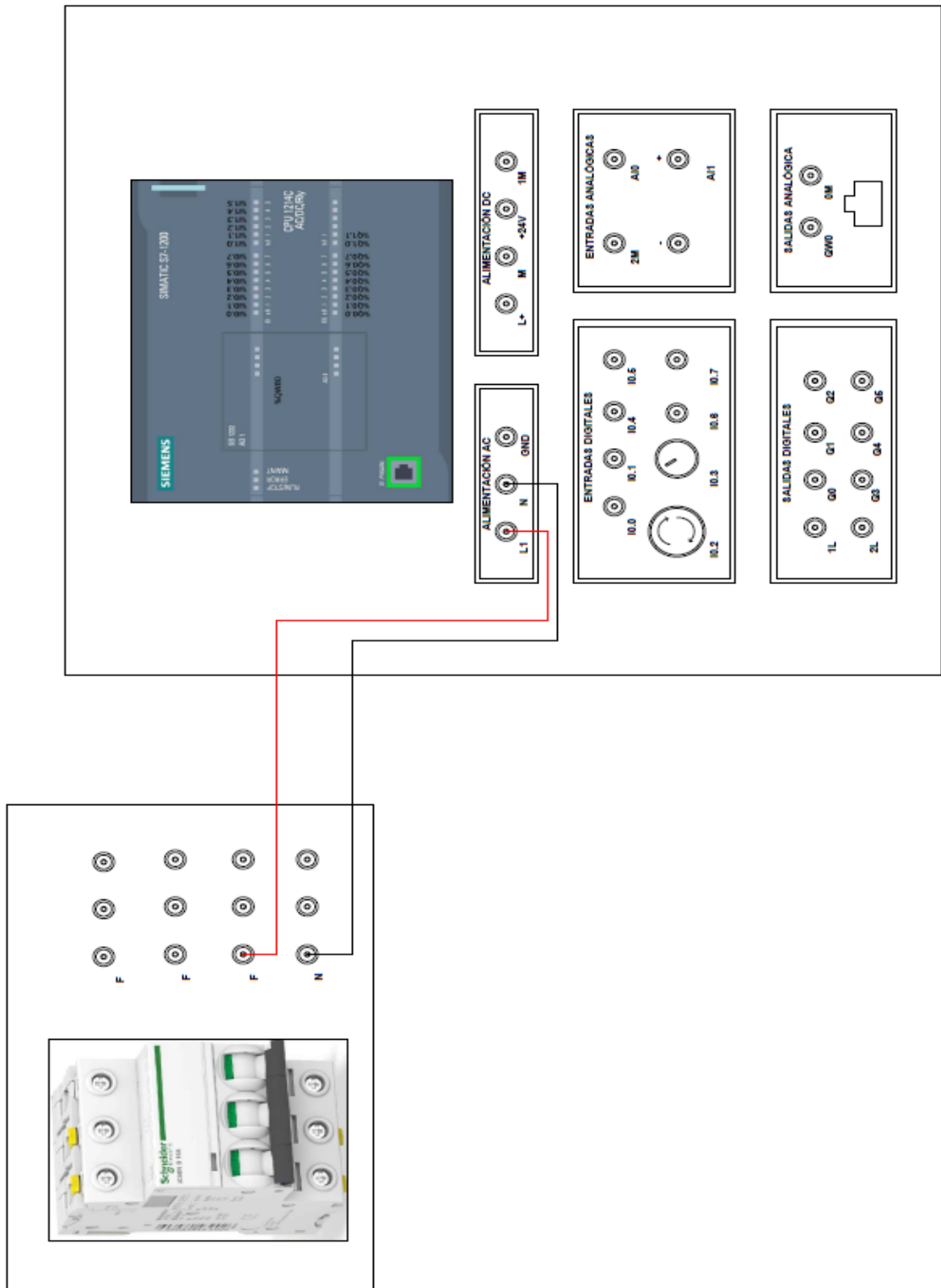


Figura 2.1. Esquema de conexión alimentación PLC.

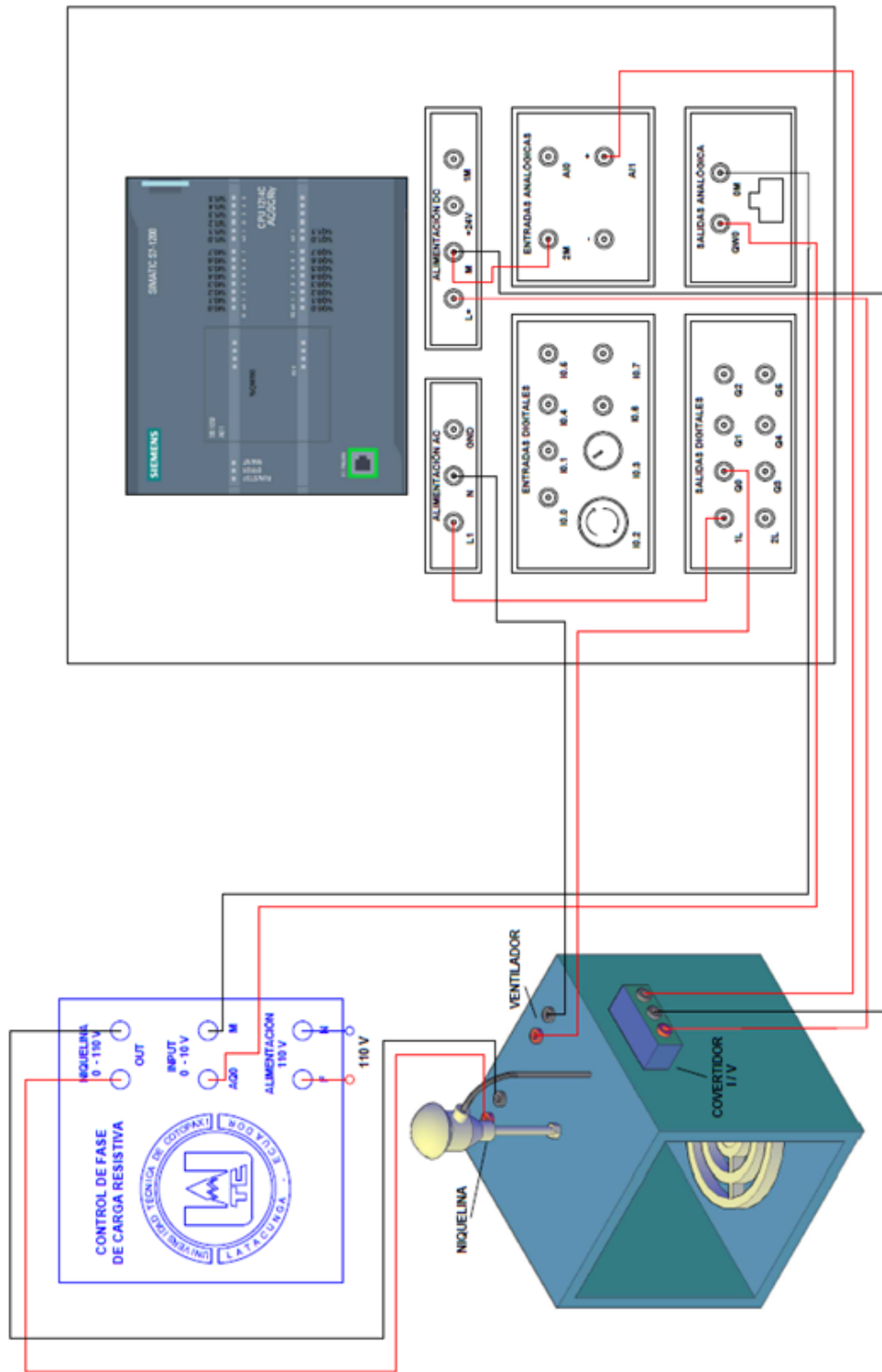
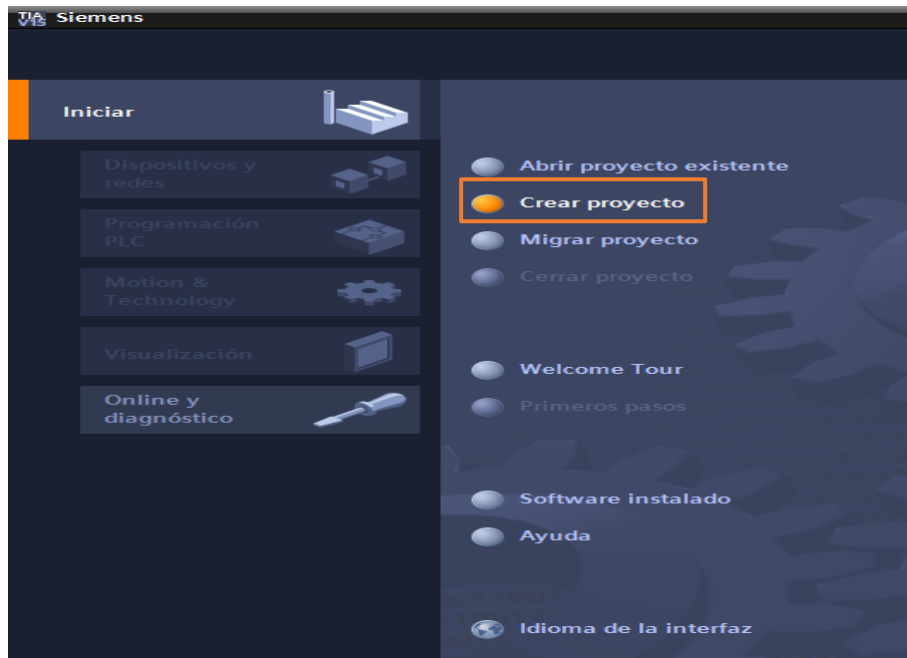


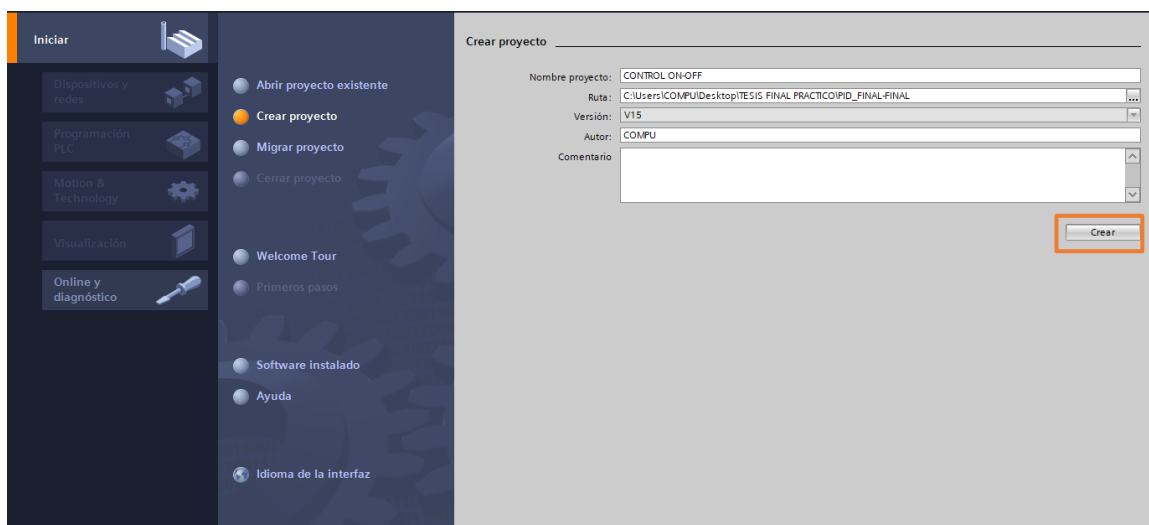
Figura 2.2. Esquema de conexión Horno 1.

2.5.PROCEDIMIENTO

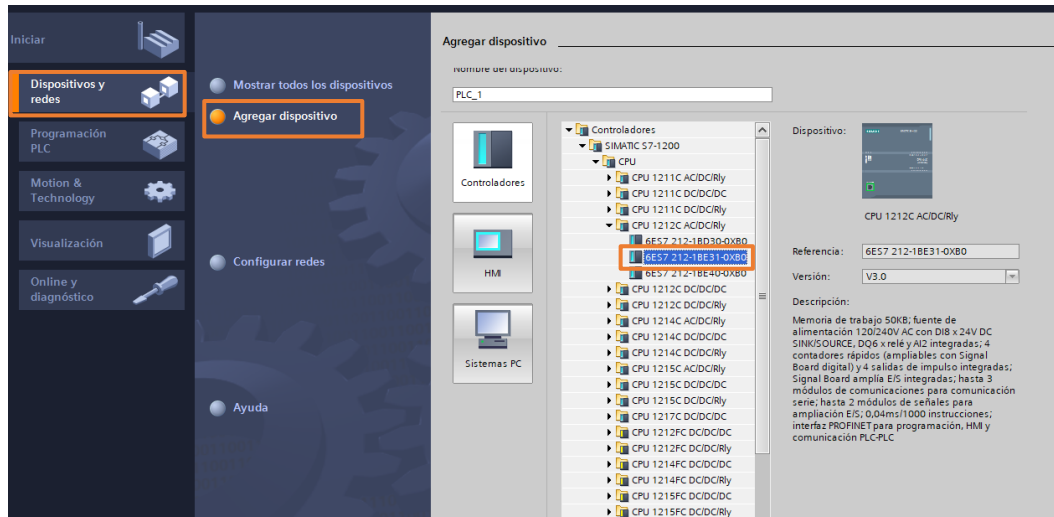
PASO 1: Ejecutar el programa TIA PORTAL y dar clic en crear proyecto.



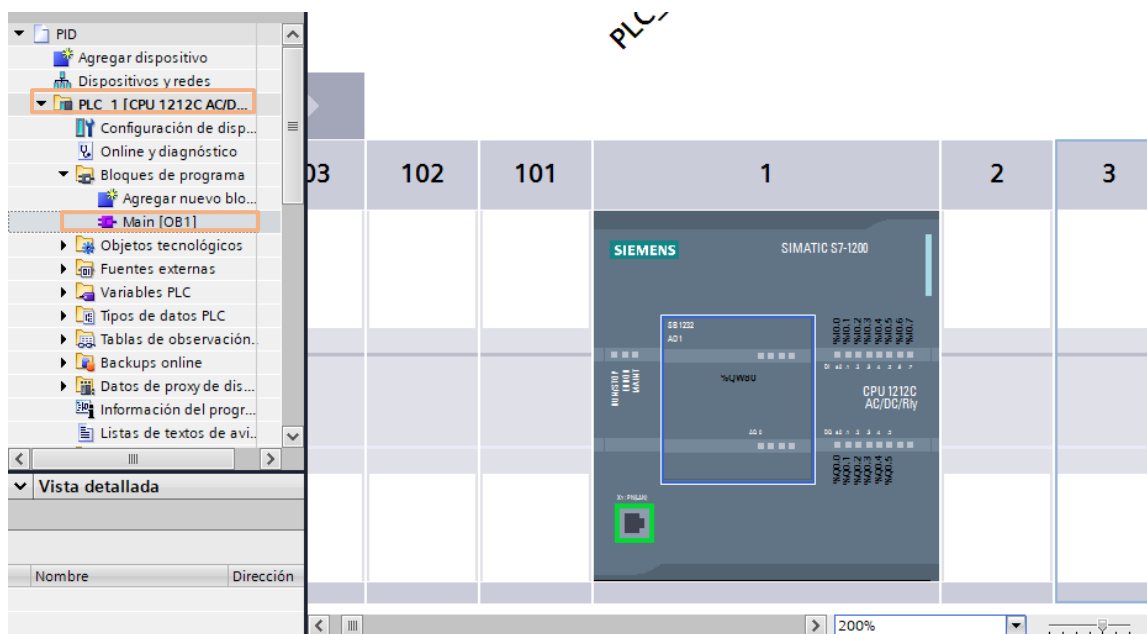
PASO 2: Generar un nombre para guardar el proyecto y crear proyecto.



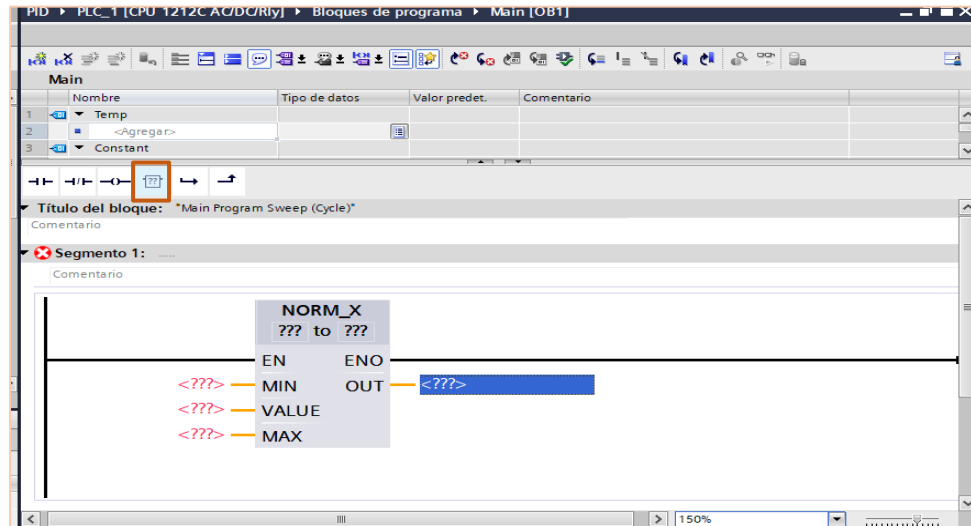
PASO 3: Seleccionar dispositivos y red después agregar dispositivo damos clic en SIMATIC S7-1200 después dar un clic en CPU, seleccionar en la ventana que se desplaza CPU 1212C AC/DC/RLY y dar clic en agregar.



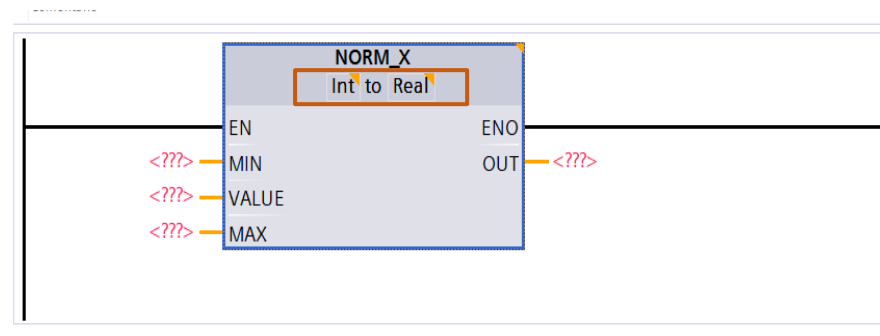
PASO 4: Dar clic en PLC1 y se desplaza unas ventanas en donde se debe elegir Main [OB1]



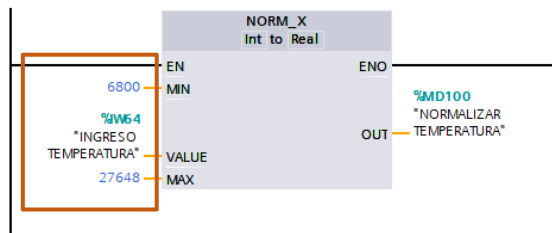
PASO 5: Seleccionar el cuadro con doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar clic y escribir NORM_X.



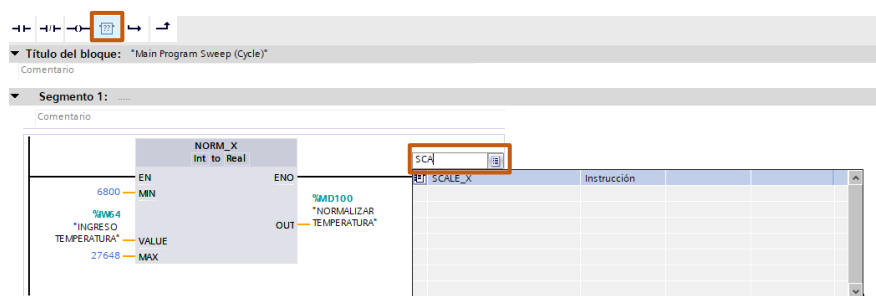
PASO 6: Dar doble clic en el triple signo de interrogación??? En los dos campos e ingresar Int y Real.



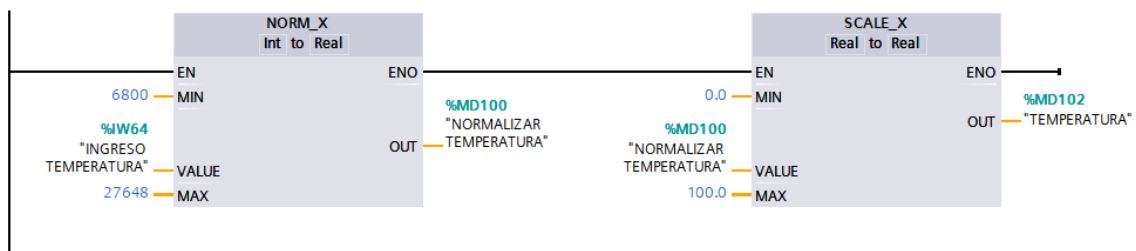
PASO 7: Ingresar los datos en MIN 6800, VALUE %IW64 que va ser la entrada física y en MAX 27648 y en OUT ingresar una memoria %MD100.



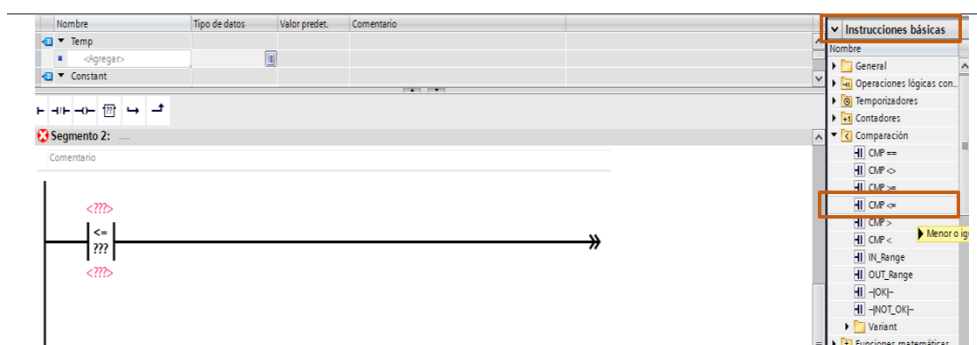
PASO 8: Arrastrar otro bloque de doble interrogación hasta el segmento 1, después dar clic en la parte superior del cuadro y escribir SCALE_X.



PASO 9: Poner en MIN el valor 0.0 en VALUE %MD100 y en MAX 100.0 y en OUT DE SCALE_X poner la marca %MD102 es donde dará el valor escaldado de la temperatura.



PASO 11. En el segmento 2 nos vamos a la opción instrucciones, seleccionamos la carpeta comparación y se elige el bloque menor o igual.



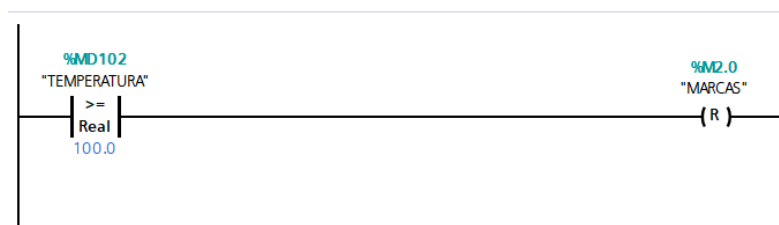
PASO 12. Si la Instrucción de comparación es menor o igual 80° C se enciende.

EL Set se encuentra en la opción instrucciones y desplazando la carpeta de operaciones lógicas con bits.

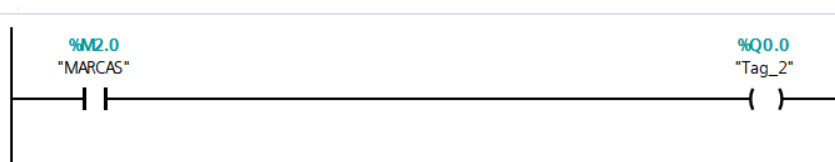


PASO 13. Si la Instrucción de comparación es mayor o igual 100° C se apaga.

EL Reset se encuentra en la opción instrucciones y desplazando la carpeta de operaciones lógicas con bits.



PASO 13. Se realiza un control de salida por la marca auxiliar añadiendo un contacto normalmente abierto denominada %M2.0 y una bobina denominada %Q0.0.



3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En base a la configuración mediante el normalizado y escalado se puede obtener la variación de la temperatura que este ingresada en ese instante, para ello se debe realizar una programación de acuerdo a la práctica estipulada por el docente de acuerdo a las necesidades.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIÓN

- Con esta configuración se puede utilizar las diferentes herramientas del software TIA PORTAL, la misma que permite ingresar parámetros a los sensores que se está utilizando para realizar la programación y así obtener los datos de las variables en tiempo real.

RECOMENDACIÓN

- Tener clara la función cada uno de los bloques tanto para normalizar como para escalar.
- Definir las variables es un punto muy importante a la hora de realizar este escalado.

5 BIBLIOGRAFÍA

PROGRAMACIÓN SIEMENS.COM. Cómo realizar el escalado de una señal analógica en TIA PORTAL. [En línea]. Disponible en: https://programacionsiemens.com/escalado-de-una-senal-analogica-en-tia-portal/#Escalado_usandoSCALE_X_y_NORM_X

	<h1>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</h1>
<h2>PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>	

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	PID Y SCADA DE TEMPERATURA DE LOS HORNOS	1

1	OBJETIVO
	<p>OBJETIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una práctica de control de temperatura la misma que permita utilizar las diferentes herramientas del software TIA PORTAL tales como la NORM_X, SCALE_X, MOVE, PID COMPACT, los mismo que ayudaran a configurar lo sensores y el control de la variable de temperatura. • Definir las condiciones de funcionamiento y operatividad para el desarrollo optimo y correcto del programa. • Definir las entras y salidas, así como también las variables a controlar.

2.1 INTRODUCCIÓN**CONTROLADOR PID**

Un controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo) es del tipo continuo y se encarga de modular la señal de control de un sistema en función del error que existe entre el valor medido y el valor deseado. Este tipo de control es ampliamente utilizado en los procesos industriales, incluso cuando se presenten interferencias externas. Asimismo, resulta fácil de implementar y puede ser utilizado en todo tipo de hardware de manera eficiente debido a que no utiliza muchos recursos.

El controlador basa su funcionamiento de la acción de control con los siguientes tres parámetros:

- **Proporcional (P- K_p)**. La acción de control Proporcional (o también llamado ganancia proporcional) produce una salida del controlador en función al error que presenta el sistema. Un control basado únicamente en la acción proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee un desempeño muy limitado y error considerable en régimen permanente (offset).
- **Integral (I- T_i)**. En cuanto al parámetro Integral o control flotante, este otorga una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que se traduce en un intervalo de respuesta. Asimismo, la acción P, se encarga de notificar a la salida cuanto desplazarse cuando un error aparece, mientras que el control Integral, le dice a la salida que tan rápido moverse cuando el error aparece.
- **Derivativo (D- T_d)**. La acción derivativa, funge como un parámetro preventivo, debido que predice el error y emplea una acción oportuna para corregirlo. Dicha acción, reacciona a la rapidez de entrada y altera la señal de salida, por lo cual actúa ante la velocidad del cambio del error y lo corrige antes de que el error incremente.

VALOR ESCALADO

El PLC lee valores entre [0; 27648] como valores dentro de rango. Una lectura fuera de este rango es que hay algún problema.

Existen funciones que aporta el software TIA Portal, Scale_X y Norm_X que permiten realizar el escalado de la señal.

Para, se usan estas dos herramientas ya que el escalado se hace en dos pasos:

- Pasamos nuestro valor entre 5530 y 27648 a un valor real entre 0 y 1.
- Tomamos este valor entre 0 y 1 y que nos dé un valor proporcional.

Para realizar un escalado, necesitaremos dos parejas de puntos para poder calcular la relación:

- El valor mínimo de la entrada analógica (para los 4mA que equivale a 5530) y el valor ingenieril que toma (0 °C)
- El valor máximo de la entrada analógica (para los 20mA) y el valor asociado (100°C).

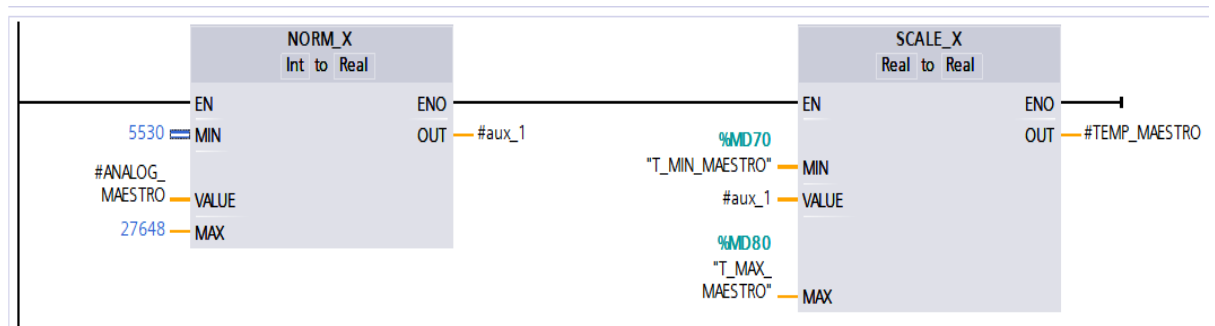


Fig1. Escalado de una señal analógica.

BLOQUE NORM_X

La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada representándolo en una escala lineal, los parámetros mínimos y máximos sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita como número en coma flotante en la salida. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada mínima, la salida devuelve “0.0”, si por el contrario el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada máxima la salida devuelve el valor “1.0”.

BLOQUE SCALE_X

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada mapeándolo en un determinado rango de valores, al ejecutar la instrucción el número en coma flotante de la entrada se escala al rango de valores definido por los parámetros mínimos y máximos. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida.

Se debe determinar cuántas entradas y salidas vamos a utilizar en la programación y declararlas en la tabla de variables estándar en la pestaña “Variables del PLC”.

MOVE

Se activa por la entrada de habilitación EN. El valor indicado por la entrada IN se copia en la dirección que la salida OUT. La salida de habilitación ENO tiene el mismo estado de señal que la entrada de habilitación EN. La operación MOVE sólo puede copiar los objetos de datos que tengan las longitudes de BYTE, WORD o de DWORD. Los tipos de datos de usuario tales como los arrays o las estructuras han de copiarse con SFC 20.

2.6.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Transmisor inteligente PT-100

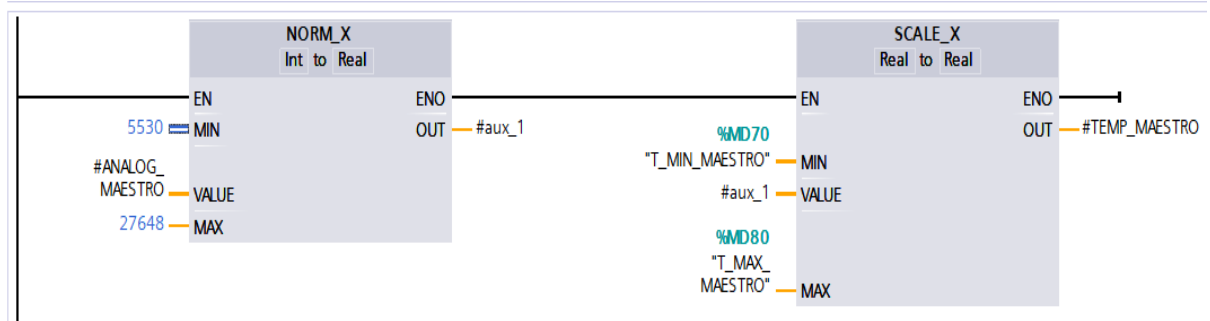
Características del Sensor

SBWZ – 230

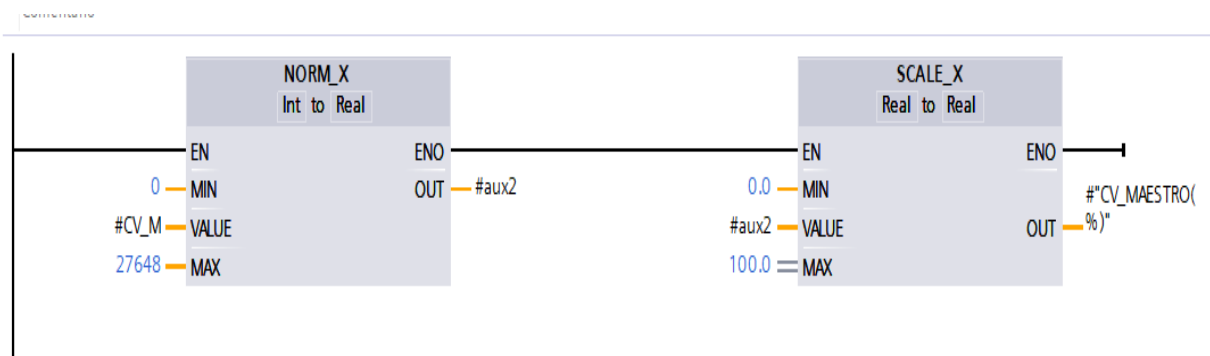
Rango de Temperatura: 0 a 400° C.

Corriente: 4 mA – 20 mA.

Escalado normalizada temperatura del sensor PT-100.

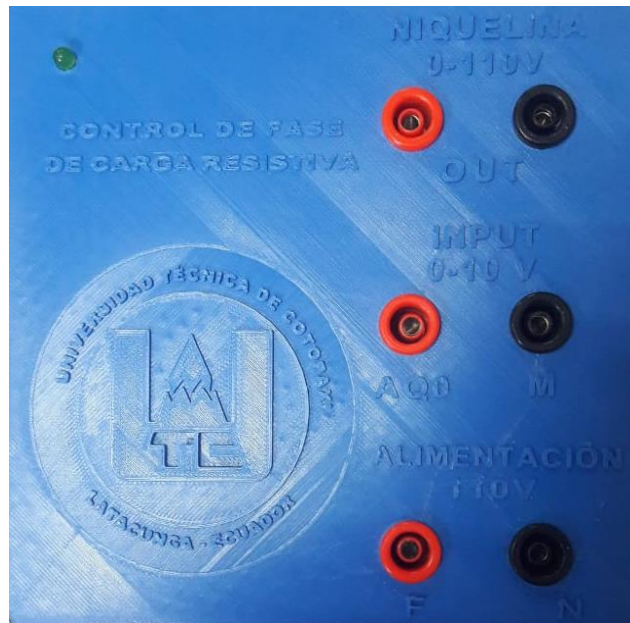


Escalado y normalizado de la salida del control de la variable (Control Value) del sensor PT-100.

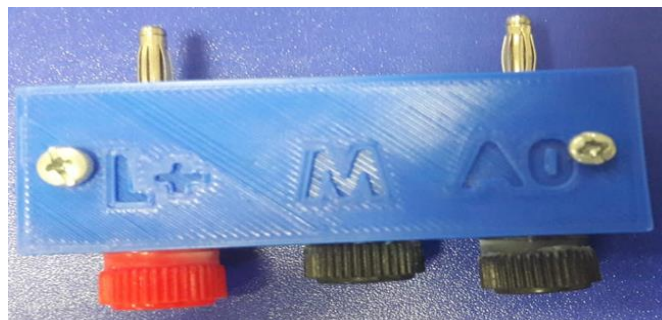


- 2 Resistencia Tubular Eléctrica
- 2 PLC S7-1200 1212C AC/DC/RLY
- 2 Módulos de salidas analógicas 1232 12 12Bits

- 2 Control de fase de carga resistiva.



- Conversor de corriente a voltaje (I/V) (resistencia 250 ohm).



- 1 Switch / Router 8 puertos
Modelo: TL-SF1008D **Versión:** 12.0
- 4 cables de Ethernet.
- Programa Tia Portal V15.
- Software Ignition Gateway y Ignition Designer Launcher.
- 1 Toma trifásica.
- 1 Toma monofásica

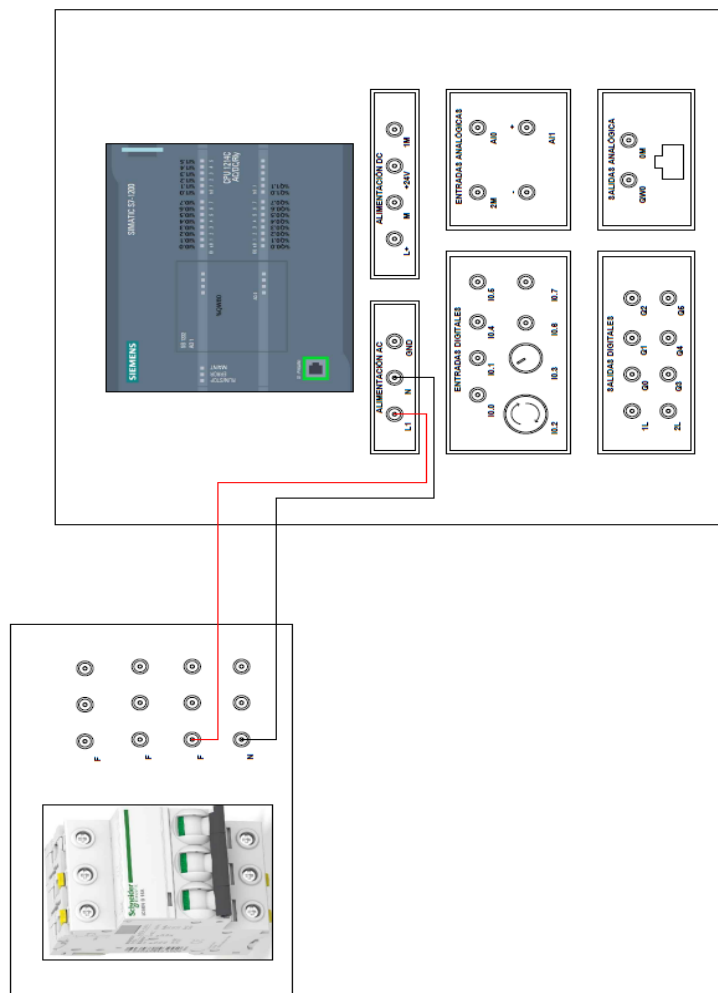
2.7.MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es importante dar a conocer teóricamente los procesos que se va a realizar antes de que los estudiantes procedan a realizar la práctica, deben de tener las precauciones y seguridades socializadas al transcurso del ciclo académico con respecto a las funciones y programación del Tia Portal para la programación que se va a realizar.

NOTA: Se debe tener muy en cuenta para realizar este tipo de escalado antes se debe definir variables para que todos y cada uno de los parámetros a programar envíen las señales correctas al PLC, para poder configurar el transmisor PT-100 inteligente.

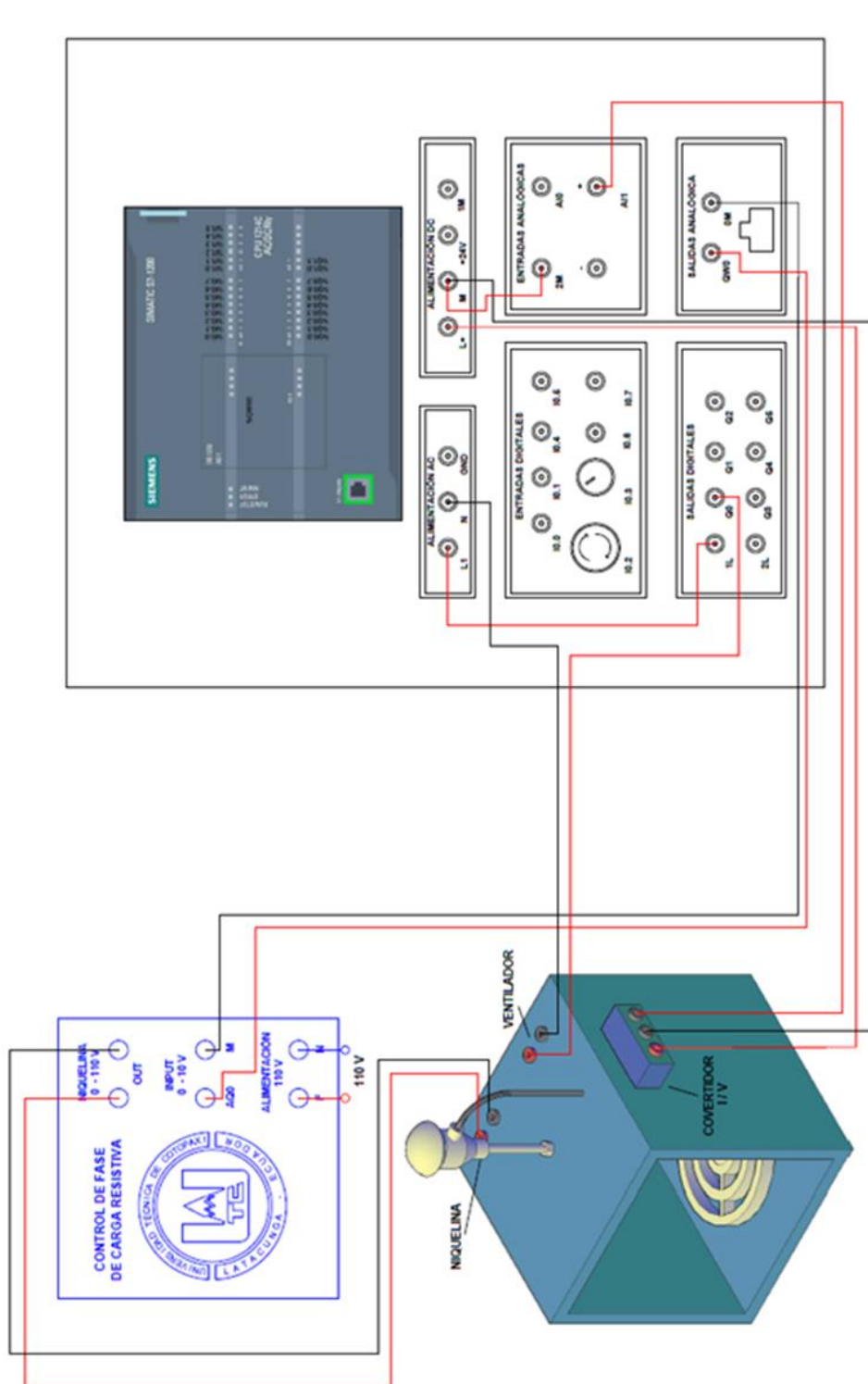
2.8.ESQUEMAS DE CONEXIÓN

Esquema de conexión de alimentación al módulo PLC



Esquema de conexión del horno 1 y 2 con modulo PLC y control de fase.

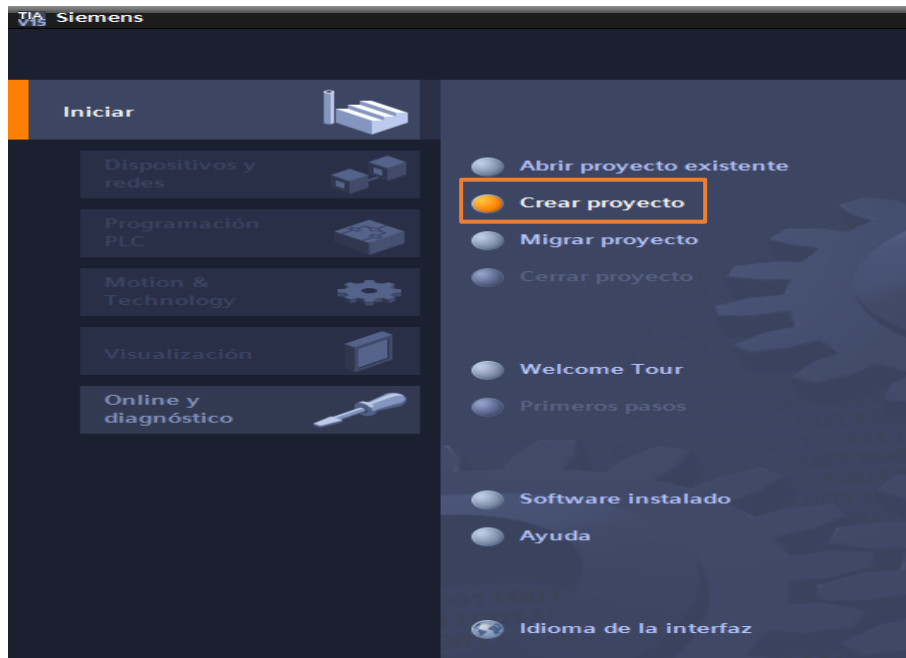
Realizar la conexión a 110 V PLC



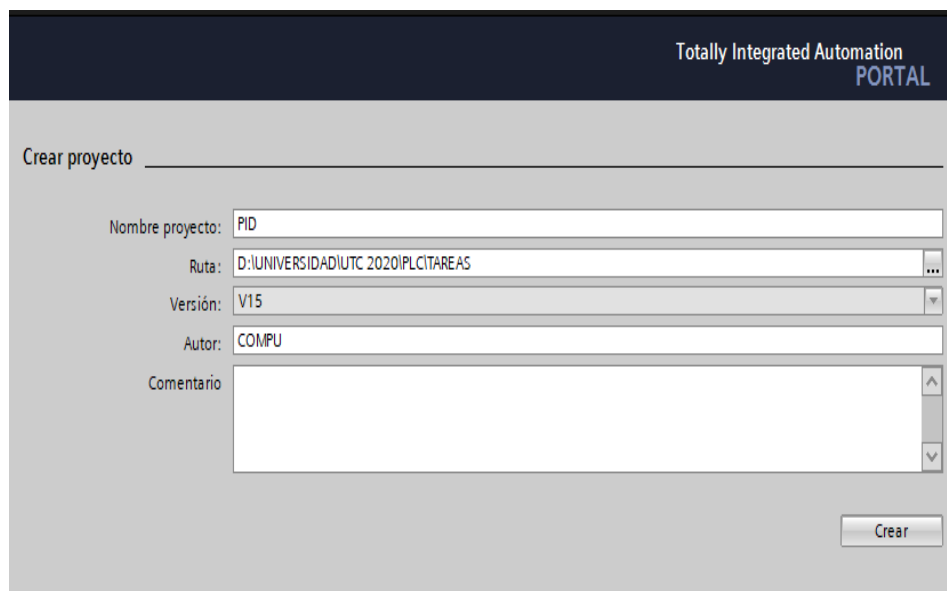
2.9.PROCEDIMIENTO

PASO 1: Ejecutar el programa TIA PORTAL y dar clic en crear proyecto.

Si no se desarrolla la programación del control PID pedir al encargado del laboratorio la carpeta que contiene el Archivo del programa con el nombre **CONTROL_PID_HORNOS_TEMPERATURA** al obtener el archivo ejecutar el archivo e ir al paso 15.



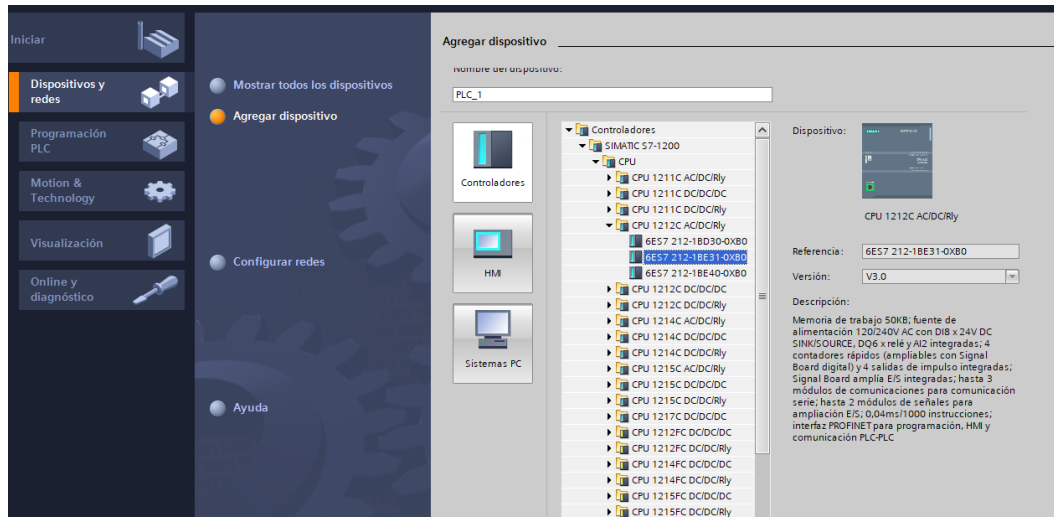
PASO 2: Generar un nombre para guardar el proyecto.

The image shows the 'Crear proyecto' dialog box in TIA Portal. The title bar reads 'Totally Integrated Automation PORTAL'. The dialog has the following fields:

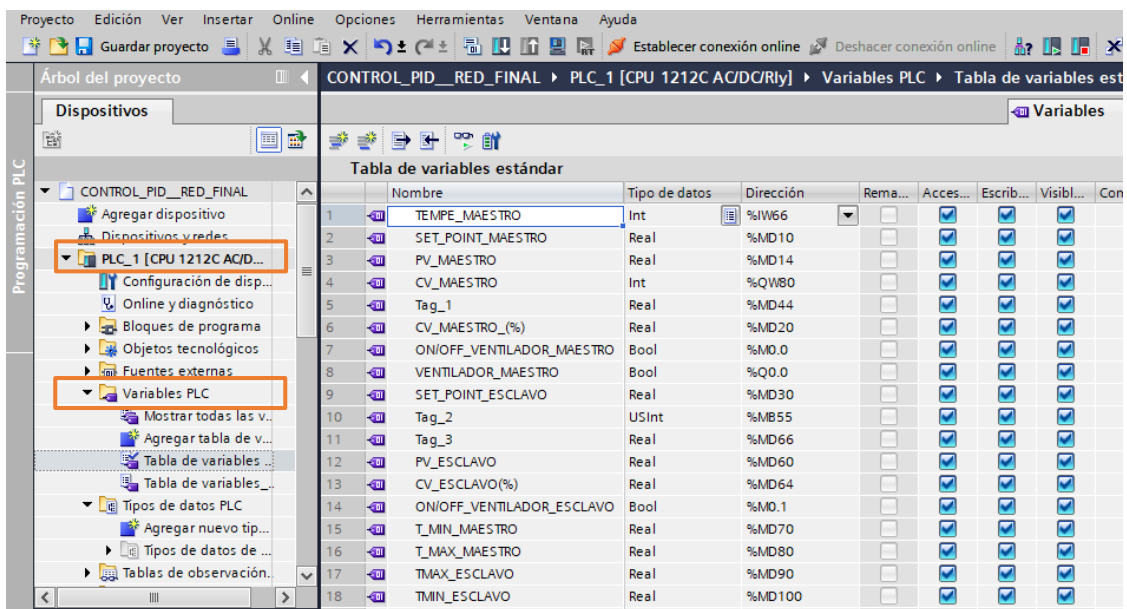
- 'Nombre proyecto': PID
- 'Ruta': D:\UNIVERSIDAD\UTC 2020\PLCITAREAS
- 'Versión': V15
- 'Autor': COMPU
- 'Comentario': (empty text area)

A 'Crear' button is located at the bottom right of the dialog.

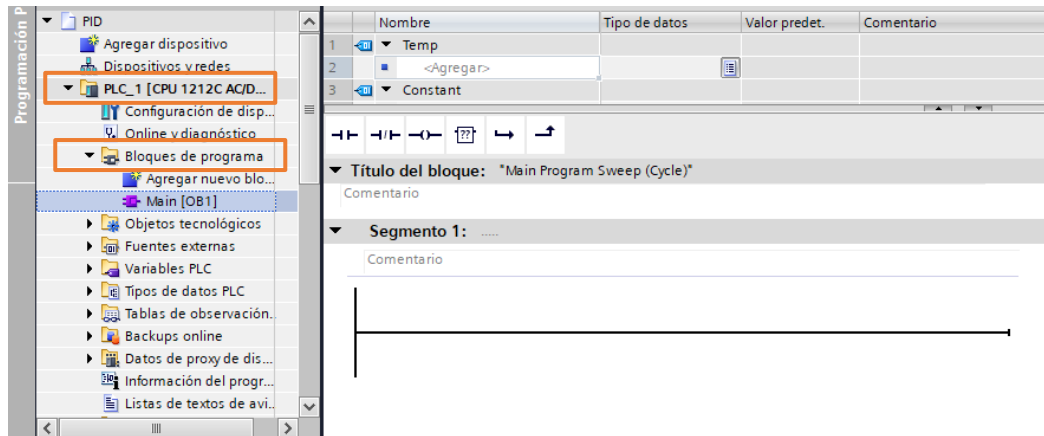
PASO 3: Seleccionar dispositivos y red después agregar dispositivo damos clic en SIMATIC S7-1200 después dar un clic en CPU, seleccionar en la ventana que se desplaza CPU 1212C AC/DC/RLY y dar click en agregar.



PASO 5: Dar click en PLC1 seleccionar la carpeta Variables del PLC y dar doble click en Agregar tabla de variables, donde se procede a agregar las diversas variables de acuerdo a las necesidades del PID.

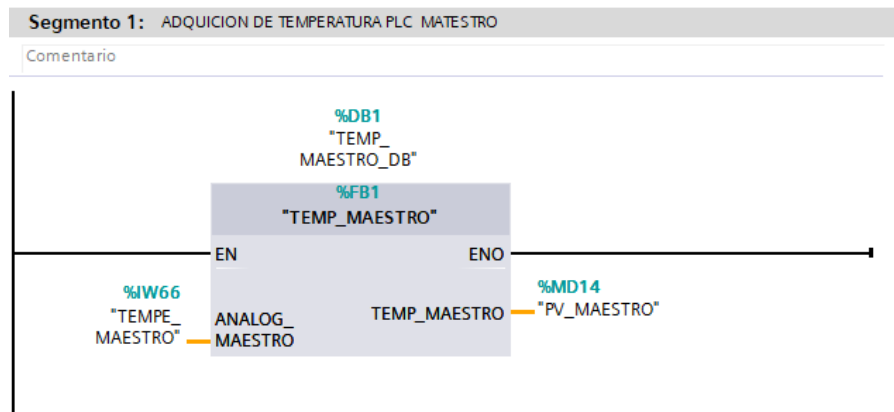


PASO 6: Dar click en PLC1 y se desplaza unas ventanas en donde se debe elegir bloques de programa y seleccionar Main [OB1] para realizar la programación.

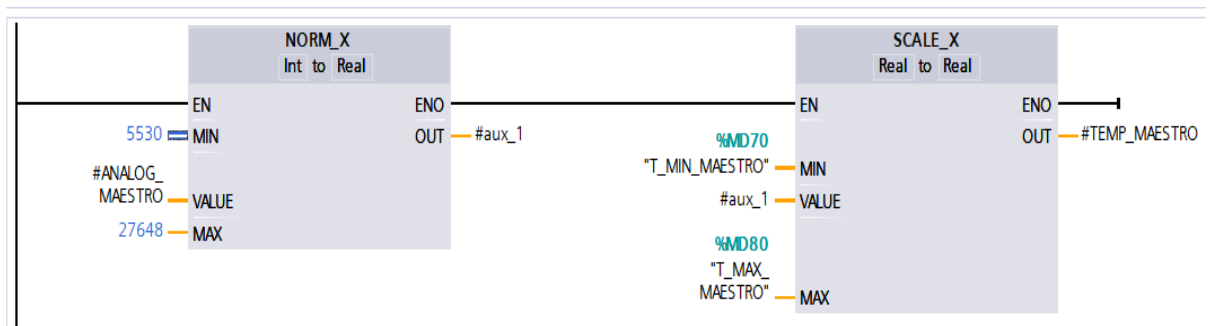


DESARROLLO DEL PID DE TEMPERATURA PARA LOS HORNOS

PASO 6: Se creo un bloque resumido de función denominado %DB1 TEMP_MAESTRO en el cual se enlaza con los bloques normalizado y escalado de la temperatura del sensor.

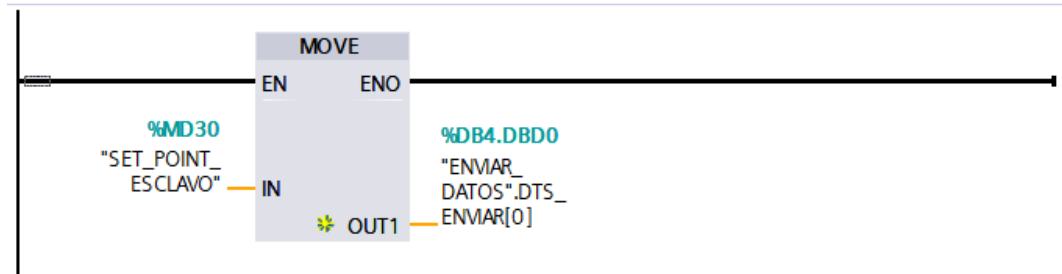


En estos bloques se encuentran el normalizado y escalado de la temperatura de sensor.

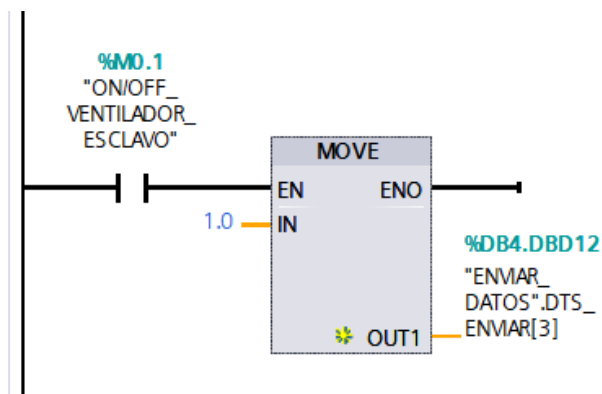


RECIBIR DATOS IGNITION PLC ESCLAVO

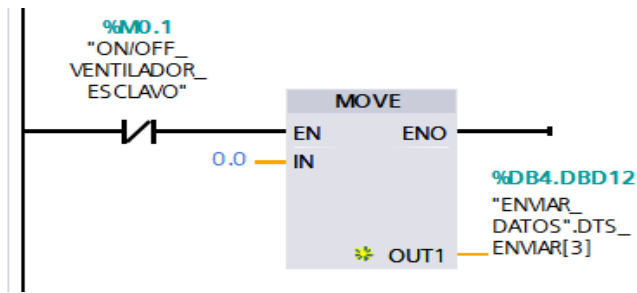
PASO 6: Se inserta bloques MOVE para recibir datos desde Ignition al PLC esclavo, donde en el primer bloque en la entrada **INT** se ingresa una marca **%MD30** denominada “**SET-POINT ESCLAVO**” y en la salida **OUT1** del mismo bloque se inserta una dirección de bloque de datos **%DB4.DBDO** denominada “**ENVIAR DATOS**”. **DTS ENVIAR [0]**.



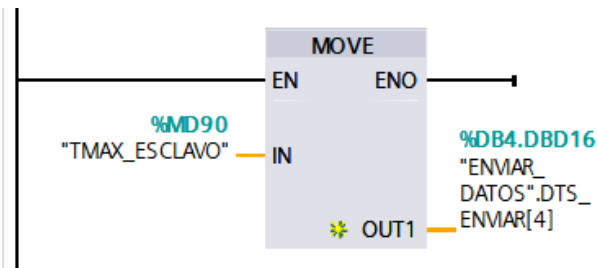
Se ingresa un bloque MOVE para mover datos, se ingresa una marca de un contacto normalmente abierto en la entrada EN el cual encenderá al ventilador, en IN se ingresa el valor de 1.0 para la activación del ventilador con una **%M0.1** denominada “**ON/OFF VENTILADOR ESCLAVO**” del mismo bloque, en la salida OUT 1 se inserta una dirección de bloque de datos **%DB4.DBDO** denominada “**ENVIAR DATOS**”. **DTS ENVIAR [3]**.



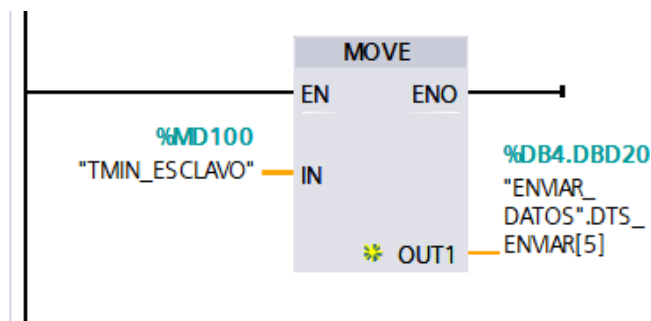
Se ingresa un bloque MOVE para mover datos, se ingresa una marca de un contacto normalmente cerrado en la entrada EN el cual está denominado cómo **%M0.1** el cual desactivará al ventilador, en IN se ingresa el valor de 0.0 el cual dará el estado de apagado del ventilador, en la salida OUT 1 se inserta una dirección de bloque de datos **%DB4.DBDO12**, denominada “**ENVIAR DATOS**”. **DTS ENVIAR [3]**.



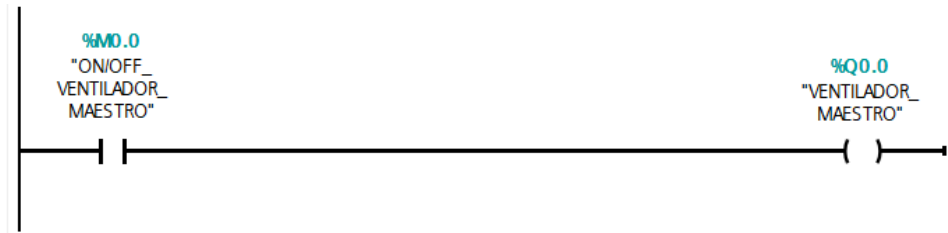
Se inserta un bloque MOVE para recibir datos desde el Ignition al esclavo donde se ingresa en la entrada IN %MD90 denominada “TMAX_ESCLAVO” y en su salida OUT 1 se inserta una dirección de bloque de datos %DB4.DBD16, denominada “ENVIAR DATOS”. DTS ENVIAR [4].



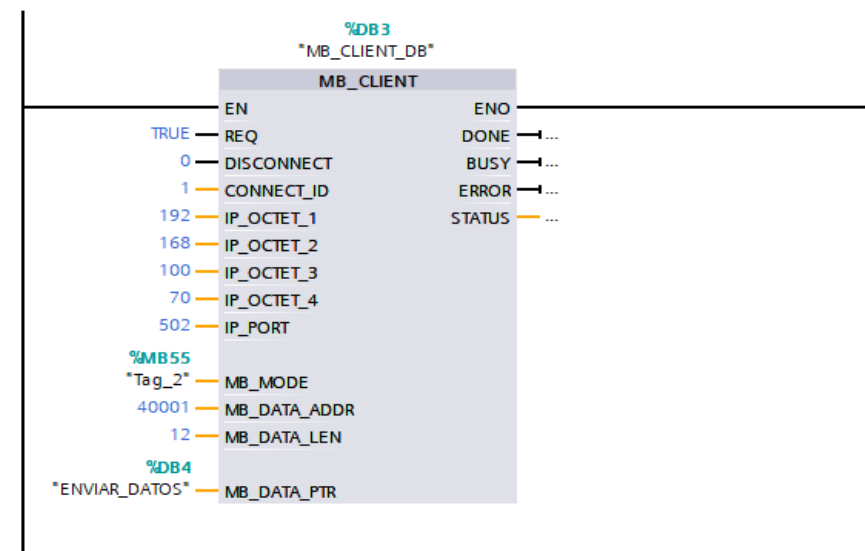
Se inserta un bloque MOVE para recibir datos desde el Ignition al esclavo donde se ingresa en la entrada IN %MD100 denominada “TMIN_ESCLAVO” y en su salida OUT 1 se inserta una dirección de bloque de datos %DB4.DBD20, denominada “ENVIAR DATOS”. DTS ENVIAR [5].



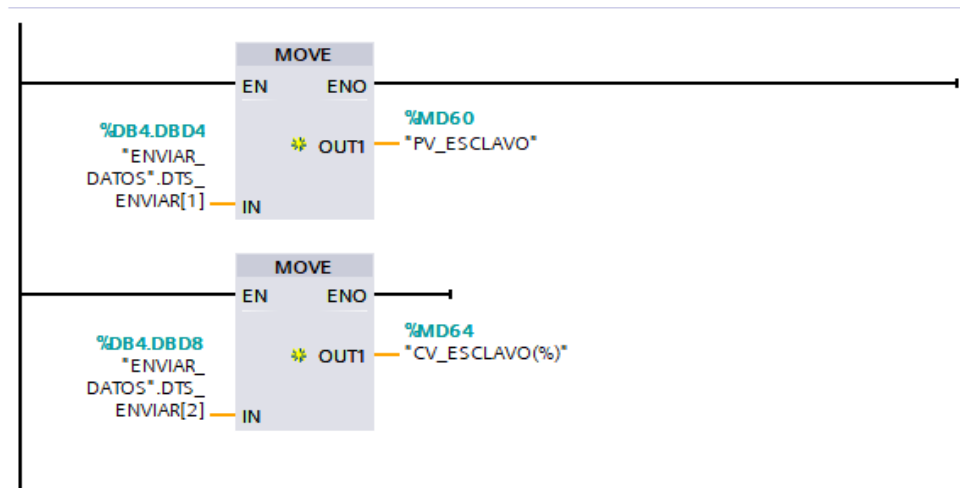
PASO 7: Se inserta un contacto normalmente abierto %M0.0 denominado “ON/OFF VENTILADOR-MAESTRO”, el cual activará a una %Q0.0 denominada “VENTILADOR MAESTRO”, la misma que al recibir la orden encenderá al ventilador.



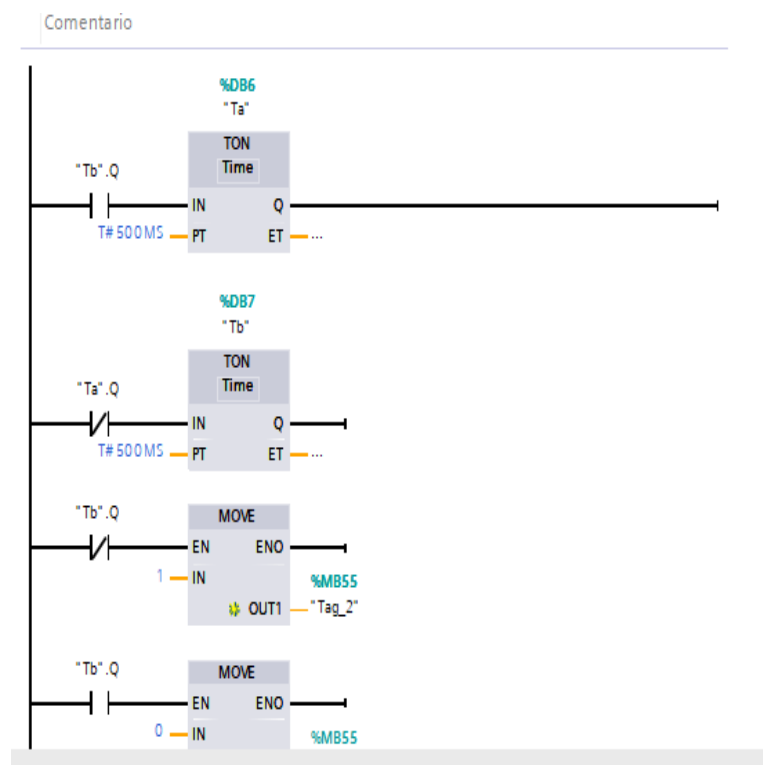
PASO 8: Se inserta %DB3 denominada MB_CLIENT el mismo que se configurara para enviar datos mediante la comunicación Modbus TCP-IP, en donde en REQ se ingresa True por condiciones del sistema, en DISCONNECT se ingresa un valor de 0 por condición de apagado y en CONNECT_ID un valor de 1 para ver el estado de activado, en los IP_OCTET_1,2,3,4 se va detallando la dirección ip del PLC esclavo que en este caso es 192.168.100.70 y su puerto IP_PORT será 502, se inserta un Tag_2 denominado %MB55 que servirá para la lectura, escritura o diagnóstico también se inserta un valor de 40001 en MB_DATA_ADDR el cual dará una dirección inicial de datos a los que accede la instrucción MB_CLIENT, en MB_DATA_LEN se ingresa un valor de 12 para ver la longitud de datos, numero de bits o las palabras de acceso a los datos MB_MODE y MB_DATA_ADDR, por último se ingresa un %DB4 en MB_DATA_PTR el mismo que servirá para recibir datos desde el servidor Modbus o que se enviarán al servidor.



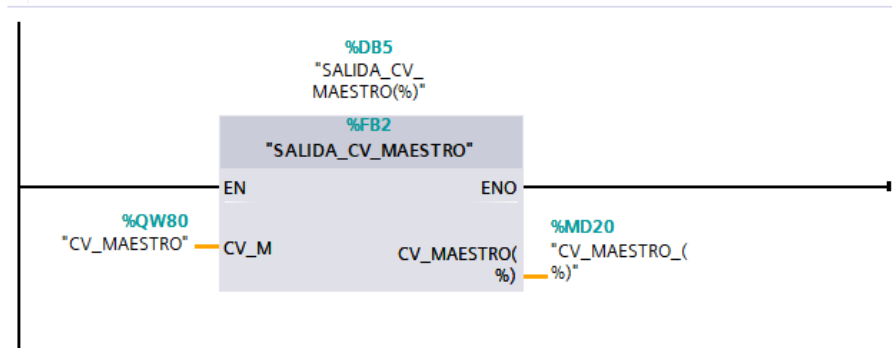
PASO 9: Se inserta en IN un %DB4.DBD4 de nominada “ENVIAR DATOS”. DTS ENVIAR [1] la misma que a la salida OUT 1 obtendrá un %MD60 denominada “PV-ESCLAVO” la cual será la salida del Process Value, de la misma manera en el bloque MOVE siguiente se inserta en IN una dirección de bloque de datos %DB4.DBD8 denominada “ENVIAR DATOS”. DTS ENVIAR [2], a su salida OUT 1 se ingresará un %MD64 denominada CV_ESCLAVO (%), la cual nos dará el control de la variable en porcentaje.



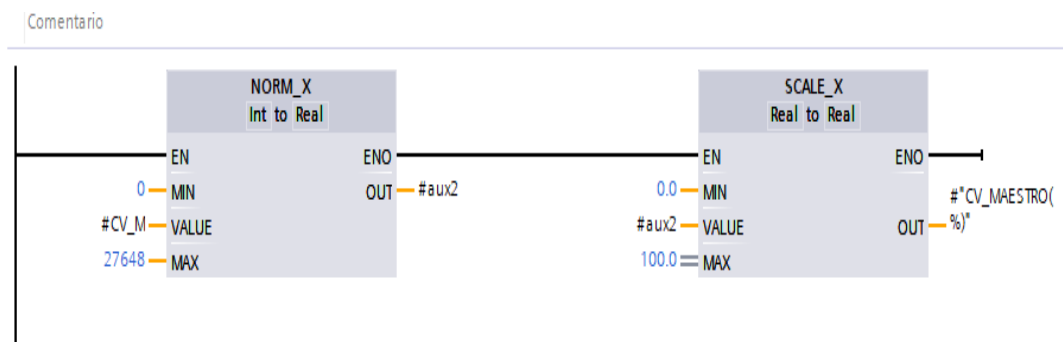
PASO 10: Se realiza los pulsos de activación de envío y recepción de datos mediante unos temporizadores que se activaran cada 500 MS aleatoriamente.



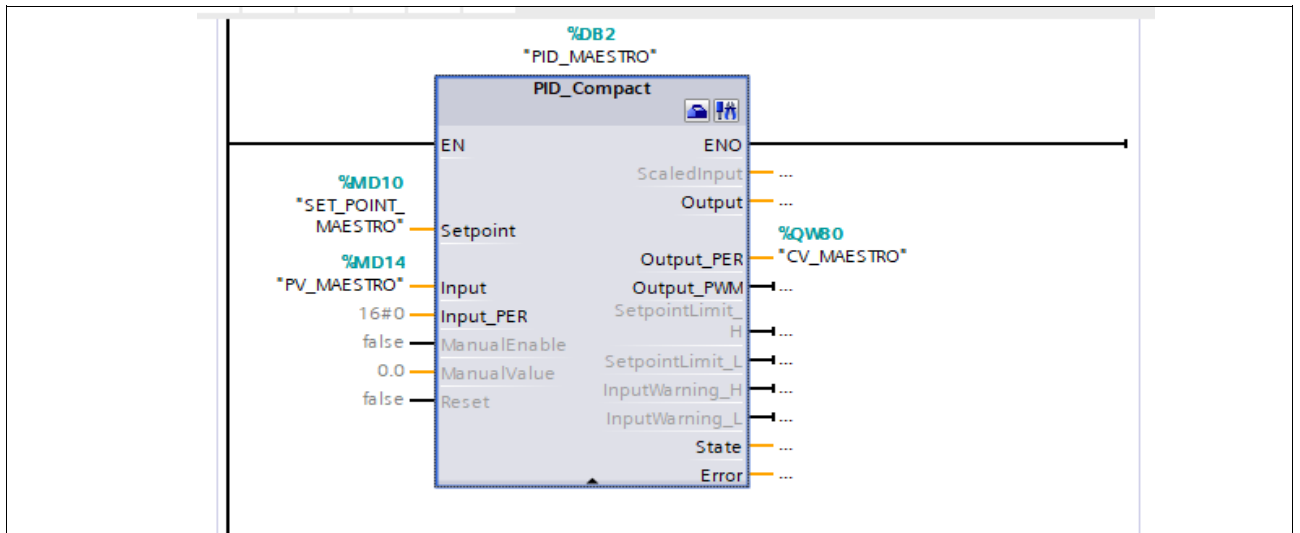
PASO 11: Se creo un bloque resumido de función denominado %DB5 SALIDA_CV_MAESTRO (%) en el cual se enlaza con los bloques normalizado y escalado de la salida del control de la variable.



Se inserta un bloque de función donde se procede a realizar el normalizado y escalado de la salida del control de la variable (Control Value), donde en MIN se ingresa 0.0 que viene hacer el valor mínimo de temperatura y en MAX se da un rango máximo de 100.0.



PASO 12: Se inserta un bloque denominado Cyclic interrupt, en el cual se inserta un PID_Compact que se encuentra en la barra instrucciones y en una subcarpeta denominada Tecnología, en este PID se procede a configurar cada una de las variables a controlar como son el SET-POINT con una marca designada %MD10, la entrada de la variable de proceso INPUT %MD14 y la salida del control de la variable %QW80, así como también los parámetros del PID.



Activar entrada manual

Ganancia proporcional: 2.340292

Tiempo de integración: 256.7884 s

Tiempo derivativo: 64.76086 s

Coefficiente retardo derivativo: 0.1

Ponderación de la acción P: 2.637825E-1

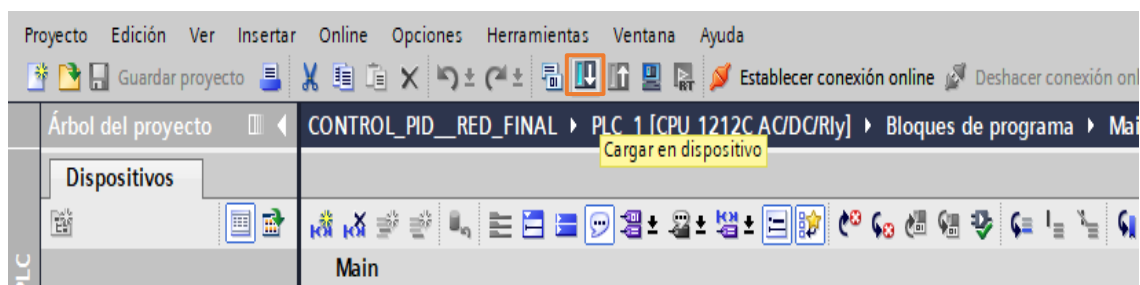
Ponderación de la acción D: 0.0

Tiempo muestreo algoritmo PID: 5.999976 s

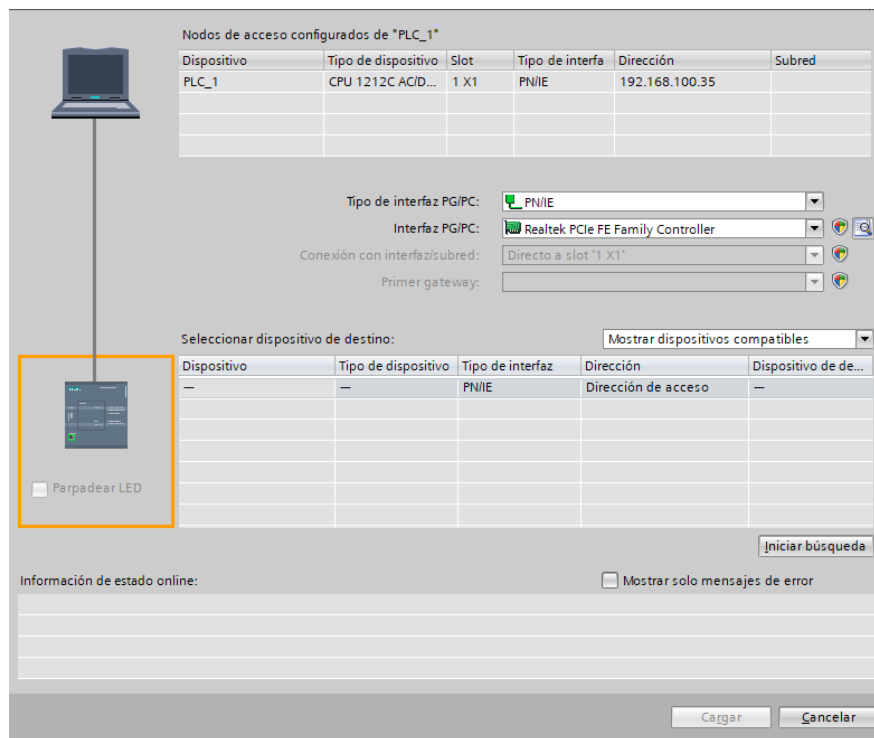
Regla para la optimización

Estructura del regulador: PID

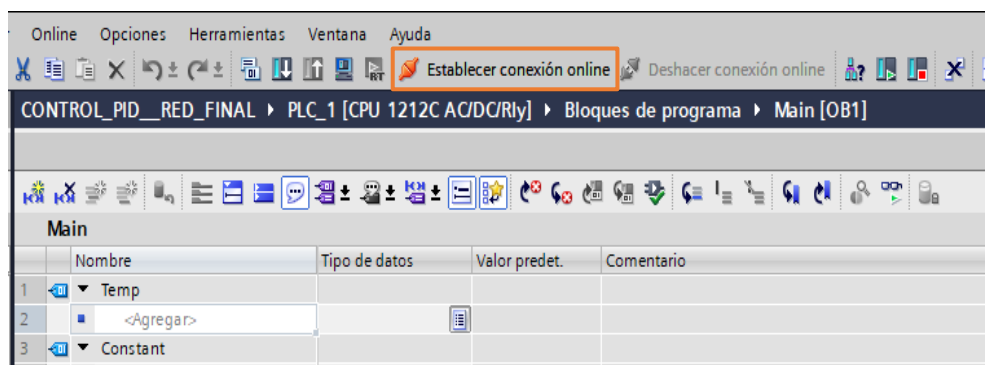
PASO 13: Después de desarrollar toda la programación del control PID se procede a cargar el programa tanto del PLC maestro como el del PLC esclavo.



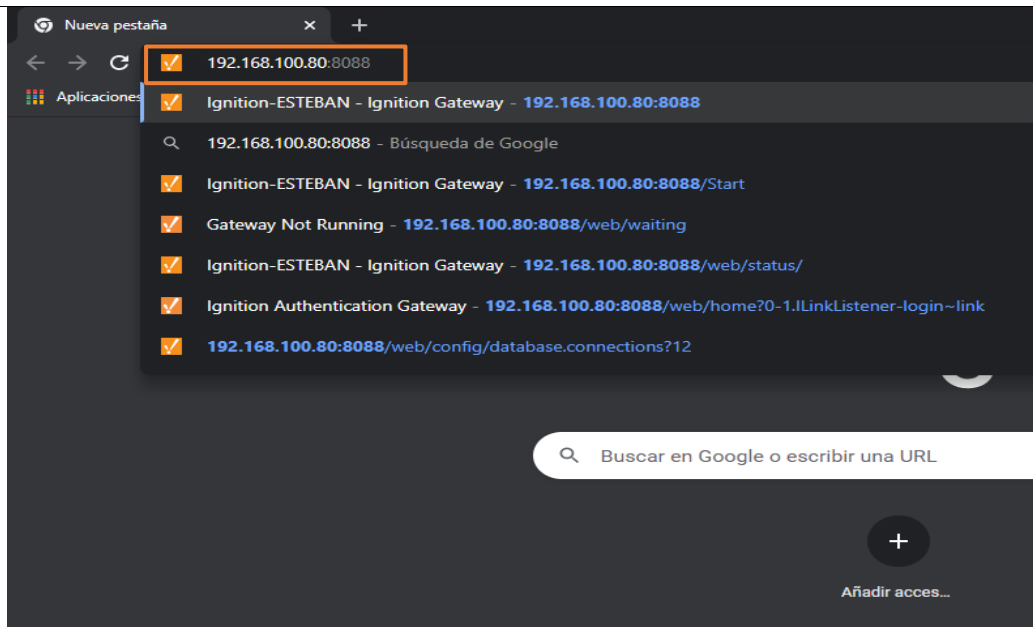
PASO 14: Una vez que se de click en Cargar dispositivo se desplegara otra ventana en donde se debe seleccionar la opción Iniciar búsqueda la cual encontrara al PLC conectado se procede a seleccionar el dispositivo y se procede a cargar.



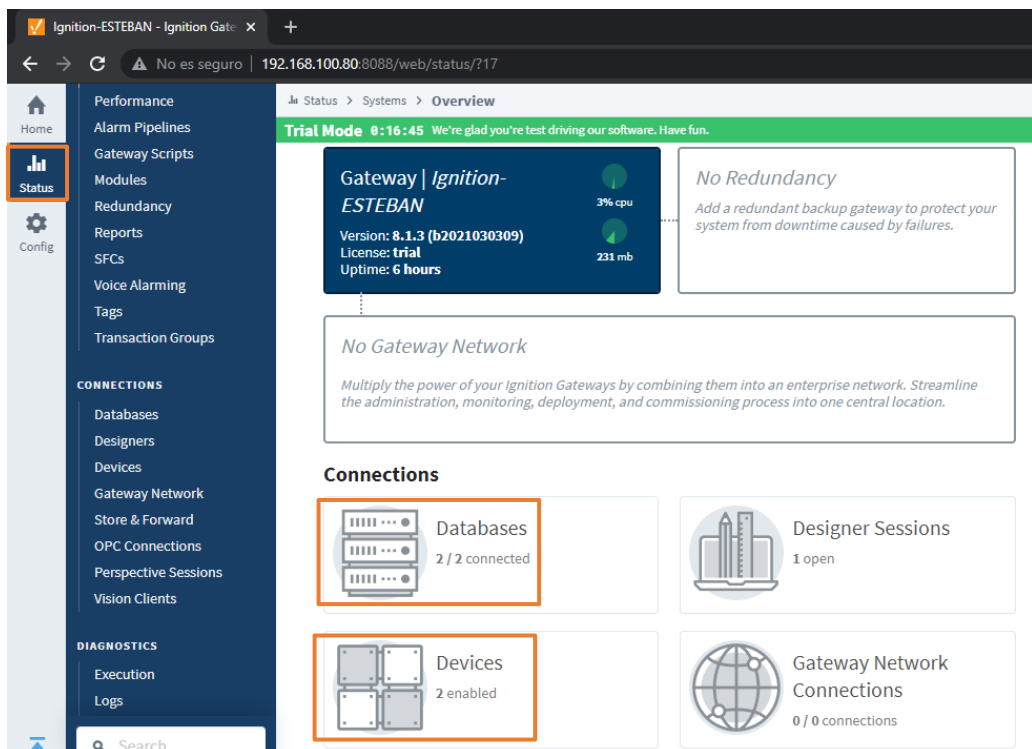
Paso 15: Una vez ya cargada la programación en los PLC se procede a establecer conexión para comunicar con el software Ignition.



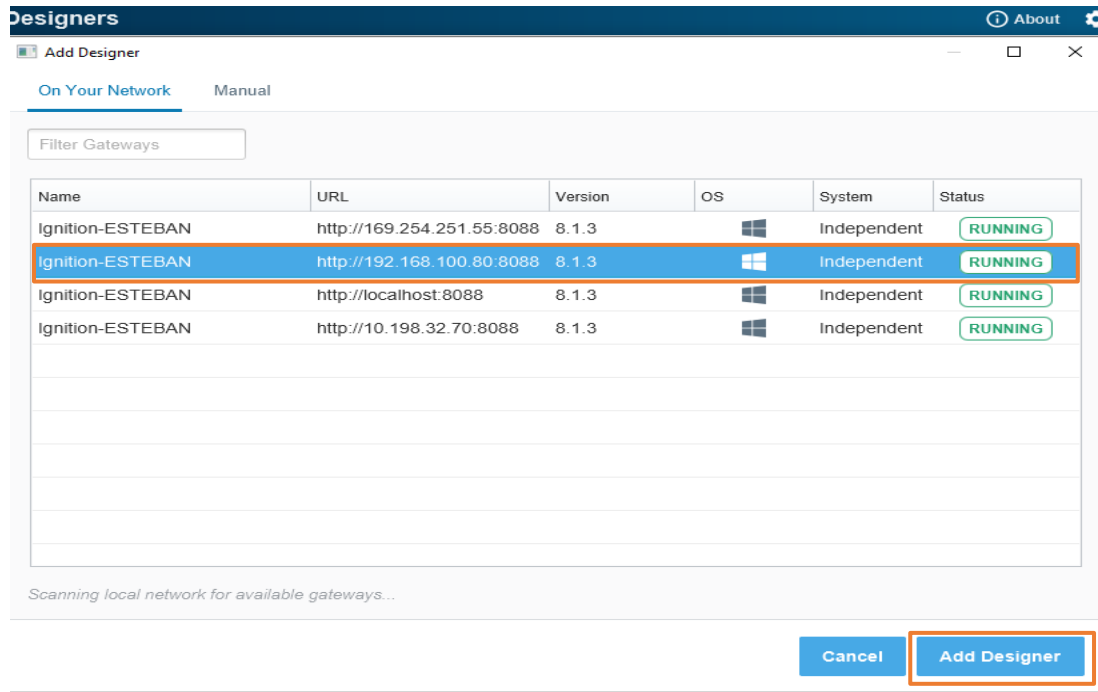
Paso 16: Una vez ya establecida la conexión en TIA PORTAL, se debe ingresar en el navegador Google para digitar una dirección IP correspondiente la misma que se crea al instalar y configurar el software está a su vez que nos redirigirá a la plataforma Ignition Gateway.



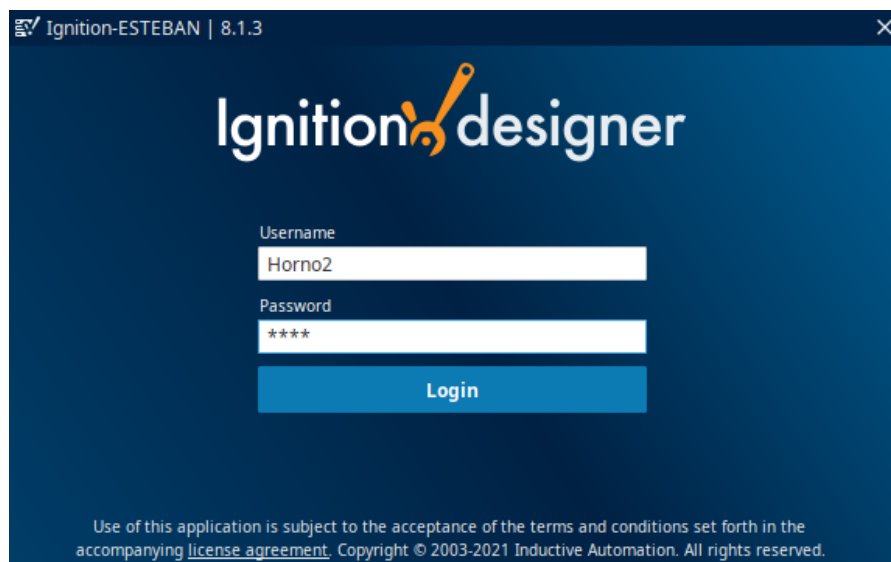
Paso 17: Ingresada la dirección IP se abrirá una pantalla del software Ignition, se debe tener en cuenta que se solicitará un usuario y contraseña para activarla, dentro de esta plataforma nos dirigimos a la opción Status en los cuadros señalados, se configura el servidor de Ignition: monitorizar valores del servidor, configurar bases de datos, configurar la conexión a PLC.



Paso 18: Configurada la plataforma Ignition nos dirigimos al programa Ignition Designer Launcher el mismo que detalla su instalación en la guía de operación, una vez ingresado al programa nos abrirá una pantalla donde se debe elegir la dirección IP con la que se ingresó a la plataforma por ejemplo 192.168.100.80:8088 para esto nos dirigimos al botón Add Designer donde se desplegará la dirección y se la agrega.

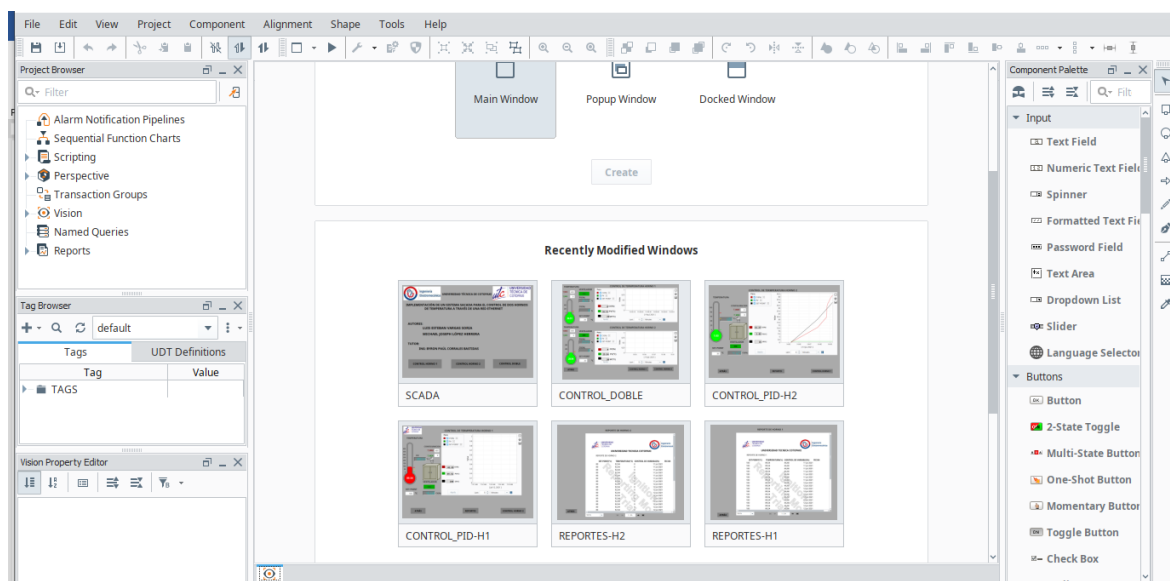


Paso 19: Se selecciona el local host:8088 y se procede a dar click en Open Designer, la misma que nos desplegará una ventana donde se pedirá un usuario y contraseña que será la misma que se creó al momento de instalar Ignition.



Paso 20: Se mostrará una ventana donde se puede crear proyectos, importar o simplemente abrir lo que ya están guardados en este caso se abrirá el SCADA_HORNOS_TEMPERATURA, el mismo que es nuestro tema de tesis en este se podrá observar las distintas ventanas que contiene nuestro programa, así como los controles de los hornos y sus reportes que pueden ser visualizados en tiempo real.

NOTA: Si no desarrolla el SCADA pedir la carpeta que contiene el archivo ejecutable para el programa Ignition que lleva el nombre de SCADA_HORNOS_TEMPERATURA y simplemente se debe importar al abrir el software Ignition designer.

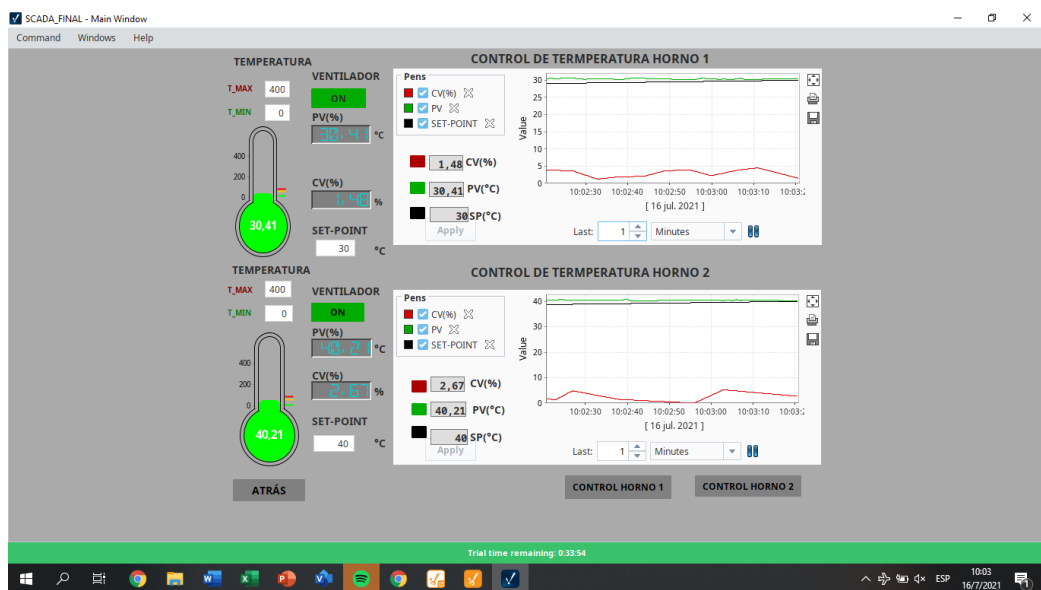


Paso 21: Para ejecutar este programa no dirigimos a la pestaña Tools - Launch Project – Launch Windowed, donde nos pedirá nuestro usuario y contraseña para poder acceder al SCADA donde se puede visualizar y controlar la temperatura de los hornos.



Paso 22: Se dirige al botón de control doble donde se visualiza el control de los dos hornos a la vez, donde se puede configurar parámetros como el set-point, temperatura máxima y mínima y a la vez visualizar las gráficas de tendencia en tiempo real.

NOTA: Es importante tener en cuenta que la temperatura a la que trabajan los hornos es de 100°C configurándolos en Tmax y Tmin.



3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar la práctica y obtener los resultados se menciona al estudiante lo que debe realizar:
Ya ejecutado los programas se pide al estudiante que realice varios tipos de obtención de datos en los hornos donde pide aplicar varios setpoint distintos y medir los voltajes de salida que obtiene el transmisor inteligente.

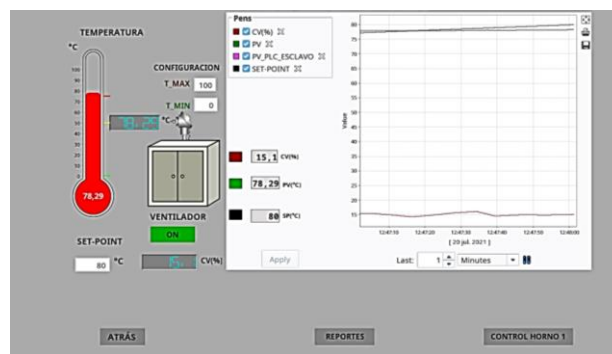
Horno 1: Setpoint 80°C

Aplicar el setpoint en el sistema SCADA y analizar los datos de cada una de las variables que son:

PV: Proceso de la variable (°C) color verde

CV: Control de la variable (%) color rojo

SP: Setpoint (°C) color negro



Luego de analizar las variables y obtener el reporte de datos medir los voltajes a la salida del transmisor y ver con cuántos voltios se trabaja hasta llegar al setpoint estabilizar el sistema.



Realizar este mismo proceso para el horno dos con distintos rangos de temperatura (setpoint) medir los valores analizar las variables de temperatura y interpretar los datos realizando tablas de cada horno.

Obtener los datos para el horno 1 y horno 2 en las siguientes tablas:

DATOS OBTENIDOS HORNO 1			
SETPOINT	PV (°C)	CV (%)	TIEMPO
50			
70			
80			
100			

Obtener los voltajes de la salida del transmisor al aplicar los distintos setpoint tanto del horno 1 y horno 2:

VOLTAJE A LA SALIDA DEL TRANSMISOR	
SETPOINT	(V)
50	
70	
80	
100	

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **CONCLUSIÓN**

Con esta configuración se puede utilizar las diferentes herramientas del software TIA PORTAL, la misma que permite ingresar parámetros a los sensores que se está utilizando para realizar la programación y así obtener los datos de las variables en tiempo real.

La comunicación Ethernet permite tener una comunicación con el sistema SCADA y a la vez tener ambiente más amigable entre operario-máquina.

- **RECOMENDACIÓN**

Tener clara la función cada uno de los bloques tanto para normalizar como para escalar.

Definir las variables es un punto muy importante a la hora de realizar este escalado.

Definir los rangos mínimos y máximos en el control de temperatura del SCADA

5 BIBLIOGRAFÍA

PROGRAMACIÓN SIEMENS.COM. Cómo realizar el escalado de una señal analógica en TIA Portal. [En línea]. Disponible en: https://programacionsiemens.com/escalado-de-una-senal-analogica-en-tia-portal/#Escalado_usandoSCALE_X_y_NORM_X

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	<h1>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</h1>
--	--

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
3	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN Y DESARROLLO DE UN SCADA CON EL PLC S7 1200	1

1	OBJETIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el funcionamiento y características de un sistema SCADA para un funcionamiento óptimo y correcto. • Realizar la comunicación entre el sistema SCADA y el PLC S7 1200. 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>SCADA</p> <p>El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.</p> <p>En realidad, su definición es la de una agrupación de aplicaciones informáticas instaladas en un ordenador denominado Máster o MTU, destinado al control automático de una actividad productiva</p>	

a distancia que está interconectada con otros instrumentos llamados de campo como son los autómatas programables (PLC) y las unidades terminales remotas (RTU).

Los sistemas SCADA se han convertido en la actualidad en elementos fundamentales en las plantas industriales, ya que ayudan a mantener la eficiencia, procesan los datos para tomar decisiones más inteligentes y comunican los problemas del sistema para ayudar a disminuir el tiempo de parada o inactividad.

De igual manera, un sistema SCADA eficaz puede resultar un ahorro notable en tiempo y dinero. De ahí su importancia en la industria moderna.

Funciones del sistema SCADA

- Controlar los procesos industriales de forma local o remota.
- Monitorear, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Interactuar directamente con dispositivos como sensores, válvulas, motores y la interfaz HMI.
- Grabar secuencialmente en un archivo o base de datos acontecimientos que se producen en un proceso productivo.
- Crear paneles de alarma en fallas de máquinas por problemas de funcionamiento.
- Gestionar el Mantenimiento con las magnitudes obtenidas.
- El control de calidad mediante los datos recogidos.

Componentes de un sistema SCADA

- HMI: Es la interfaz que conecta al hombre con la maquina presentando los datos del proceso ante el operario mediante un sistema de monitoreo. Además, controla la acción a desarrollar a través de una pantalla, en la actualidad táctil.
- Sistema de supervisión o MTU (Ordenador/Computadora): Tiene la función de recopilar los datos del proceso y enviar las instrucciones mediante una línea de comandos.
- Unidades Terminales Remotas (RTU): Son microprocesadores (Ordenadores Remotos) que obtienen señales independientes de una acción para enviar la información obtenida remotamente para que se procese. Se conectan a sensores que convierten las señales recibidas en datos digitales que lo envían al ordenador o sistema de supervisión (MTU)

- PLC: Denominados comúnmente autómatas programables, estos son utilizados en el sistema como dispositivos de campo debido a que son más económicos, versátiles, flexibles y configurables que las RTU comentadas anteriormente.
- Red o sistema de comunicación: Se encarga de establecer la conectividad del ordenador (MTU) a las RTU y los PLC. Para ello utiliza conexiones vía modem, Ethernet, Wifi o fibra óptica.
- Sensores: Son dispositivos que actúan como detectores de magnitudes físicas o químicas, denominadas variables de instrumentación, y las convierten en variables o señales eléctricas.
- Actuador: Es un dispositivo mecánico que se utiliza para actuar u ofrecer movimiento sobre otro dispositivo mecánico

Características Principales

- Control y Monitoreo en Tiempo Real
- Sistema de Alarmas
- Informes Dinámicos
- Acceso Móvil
- Potentes Análisis
- Conectividad Amplia
- Software
Multiplataforma
- Licencias Ilimitadas
- Seguridad y Estabilidad

2.10. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Programa TIA PORTAL
- Ignition
- PLC s7 1200
- 4 cables de Ethernet
- Un modem de comunicación mínimo de 8 entradas

2.11. MEDIDAS DE SEGURIDAD

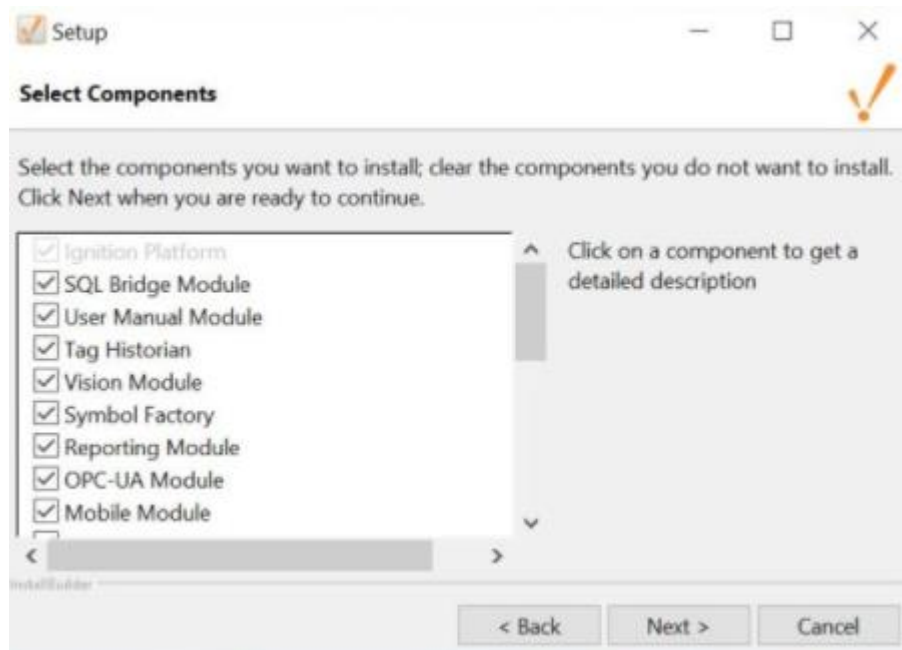
Es importante dar a conocer teóricamente los procesos que se va a dar antes de que los estudiantes procedan a realizar esta práctica, deben de tener las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios y la función de cada equipo.

IMPORTANTE:

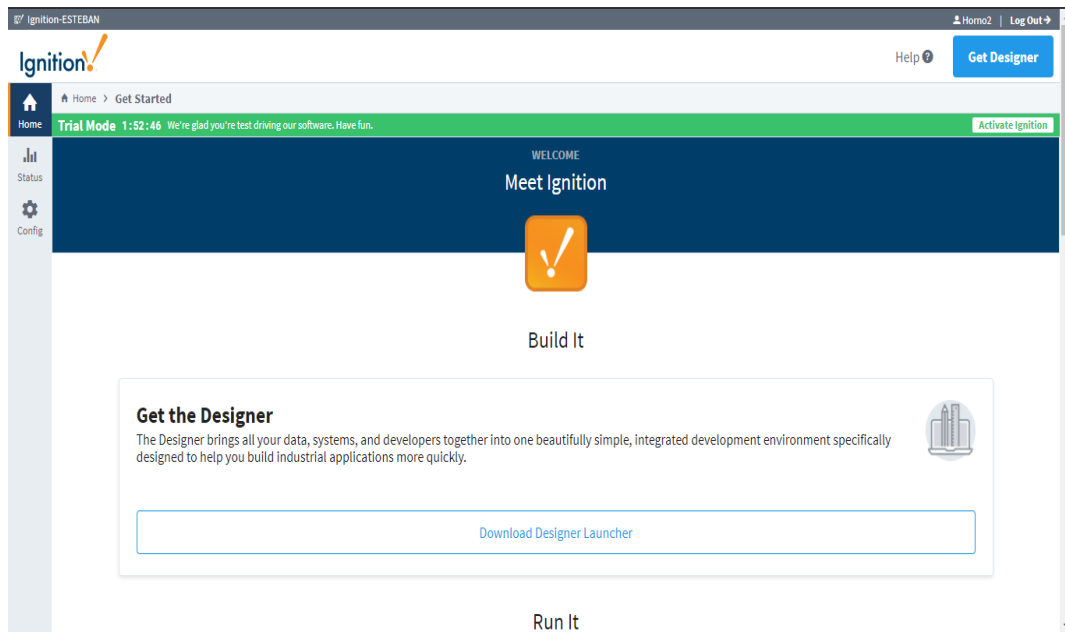
Tener muy claro los parámetros que se necesita para la configuración y comunicación del sistema SCADA con el PLC S7 1200

2.12. PROCEDIMIENTO

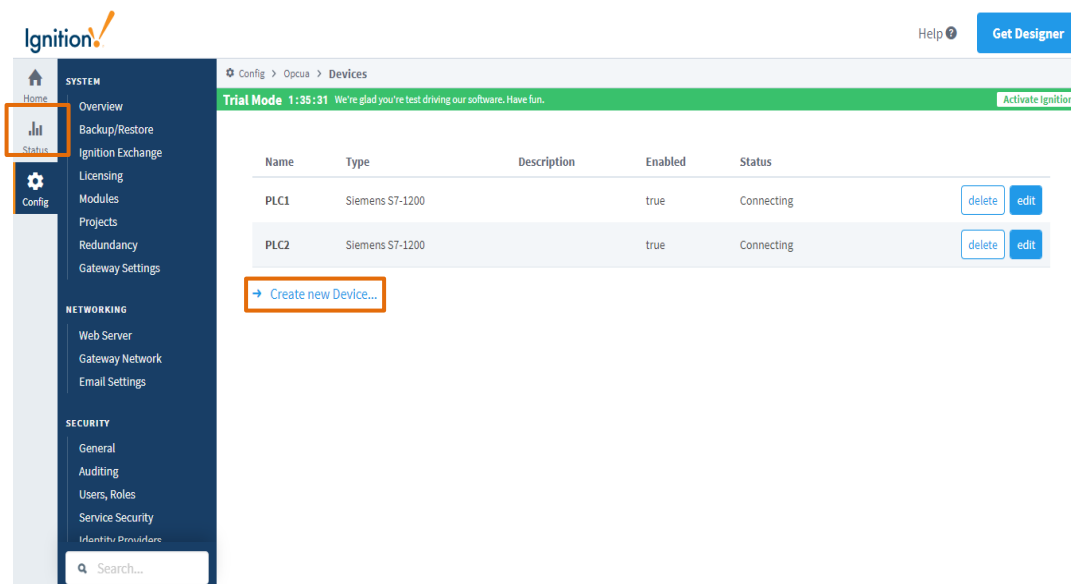
- **PASO 1:** Procedemos a realizar la descarga del programa de diseño en este caso el módulo Ignition Platform donde se seleccionarán los módulos a utilizar.



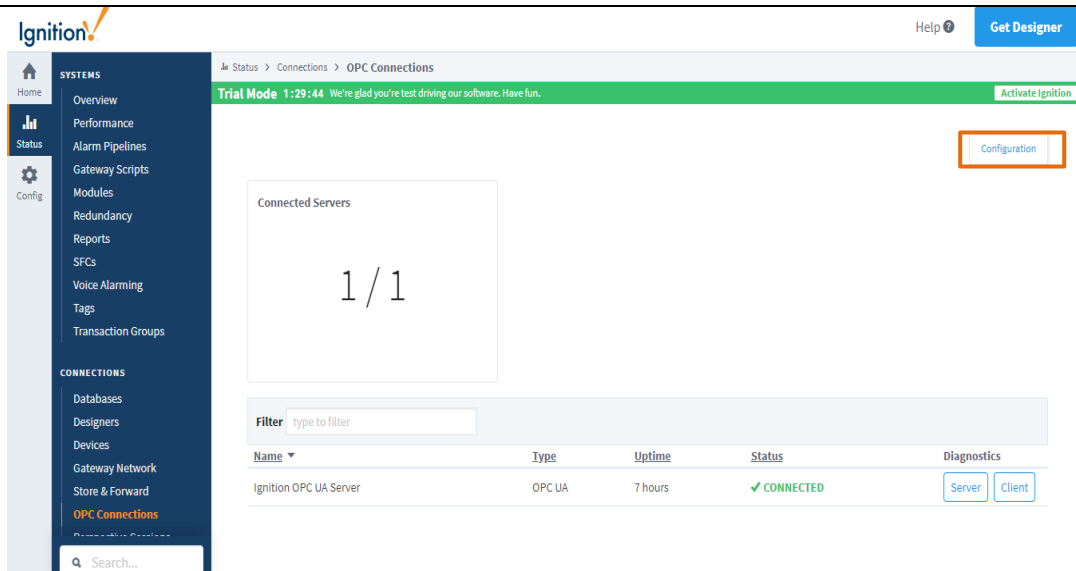
- **PASO 2:** Una vez terminada la instalación podremos ejecutarla. Se trata de una Aplicación web así que lo primero que arrancamos es el Ignition Gateway al que se ingresa con una dirección ip configurada en el ordenador y a su vez añadiendo `http://localhost:8088`, como por ejemplo: `192.168.100.50:8088`, se debe tener en cuenta que se solicitará un usuario y contraseña, dentro de esta plataforma se puede configurar el servidor de Ignition: monitorizar valores del servidor, configurar bases de datos, configurar la conexión a PLCs.



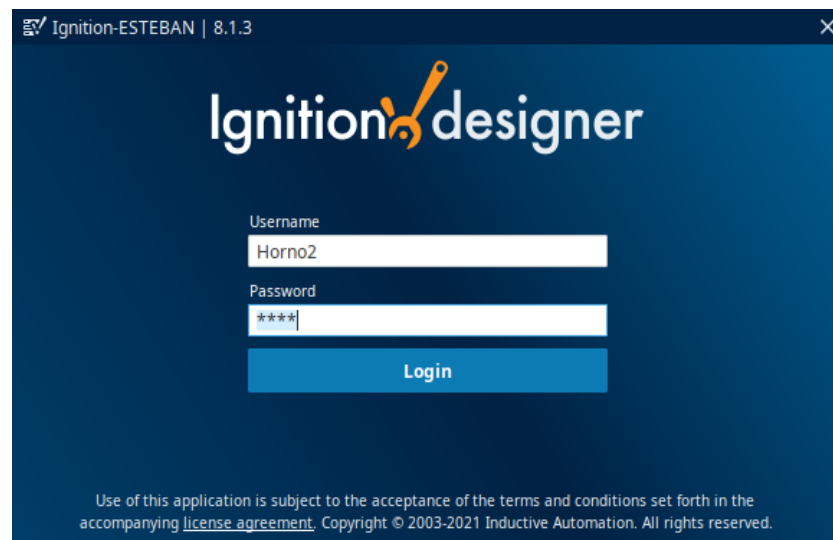
PASO 3: Se procede a añadir un PLC dirigiéndonos a la opción Status – Devices, seleccionamos la opción de configuración y se crea un nuevo dispositivo de acuerdo a las necesidades.



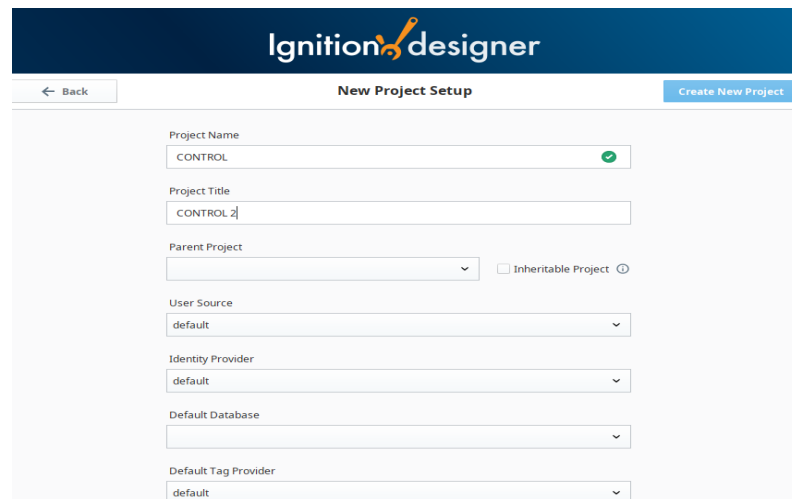
- **PASO 4:** Para gestionar las señales asociadas al PLC nos dirigimos a la ventana Status, vamos al OPC Connections donde se podrá ver las señales disponibles para el PLC.
NOTA: Ahora se puede configurar el uso de una base de datos SQL.



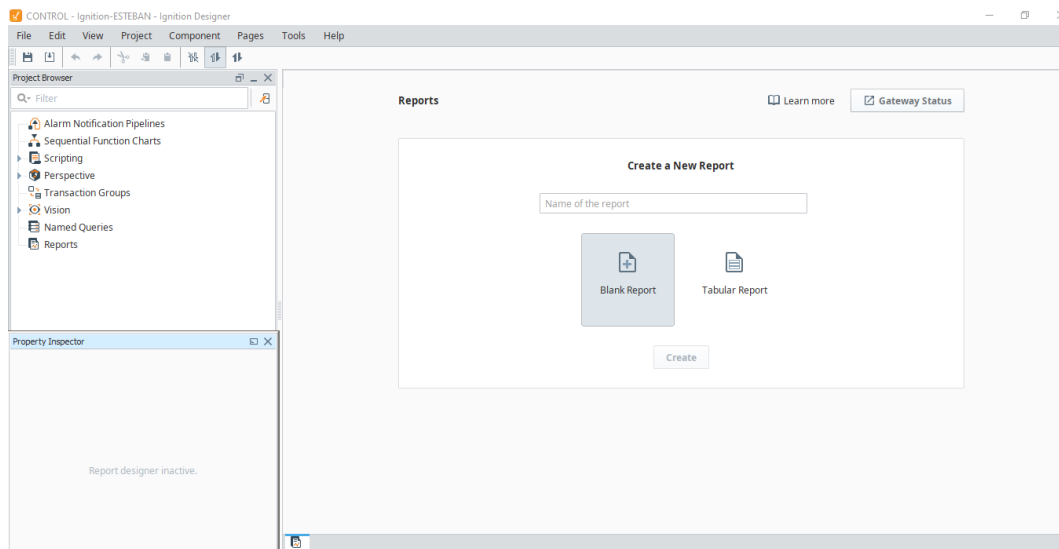
- **PASO 5:** Ejecutamos el programa Designer y se pedirá un usuario y contraseña, este será el mismo que se utilizó para ingresar a Ignition Gateway.



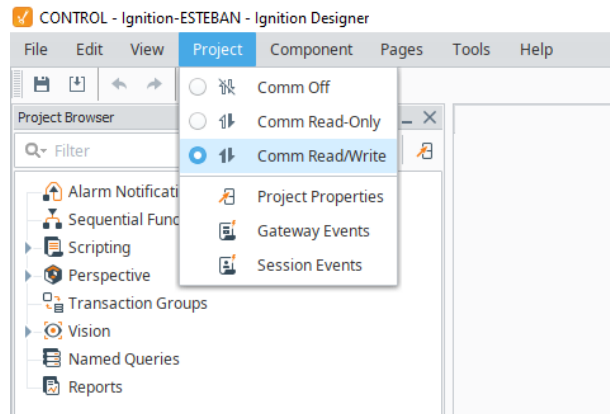
- **PASO 6:** Se crea un proyecto de prueba en la primera pantalla que se nos muestra. Aquí podemos indicar algunos parámetros generales importantes de la aplicación que vamos a crear, como la base de datos que utiliza y un Project template de los ya predefinidos que nos puede ayudar en el diseño y se procede a crear el proyecto.



- **PASO 7:** Se ejecuta la pantalla donde se podrá diseñar el SCADA.

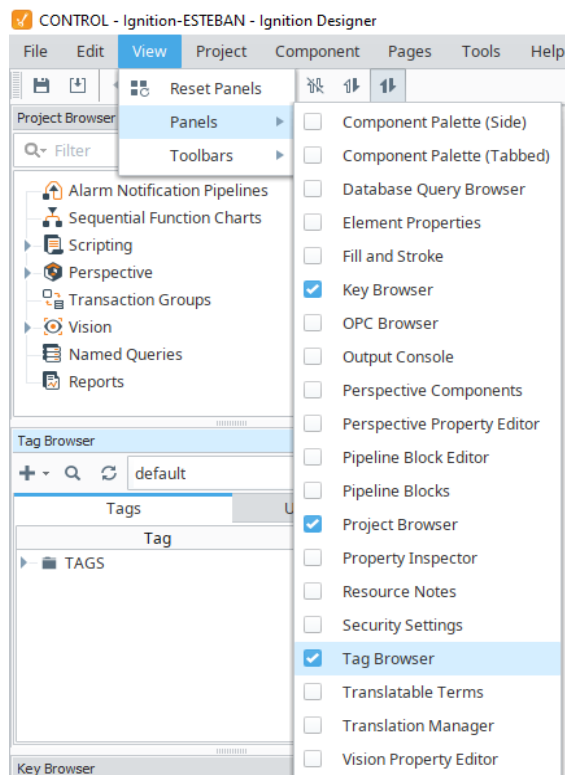


- **PASO 8:** Se toma en cuenta que este tipo de proyectos los funcionan en uno de tres modos de comunicaciones. Por defecto se crean en modo Comm Read-Only, que no permite escribir valores en el estado Designer hacia los tags. Para modificar esta variable se debe seleccionar Project – Comm Read/Write.

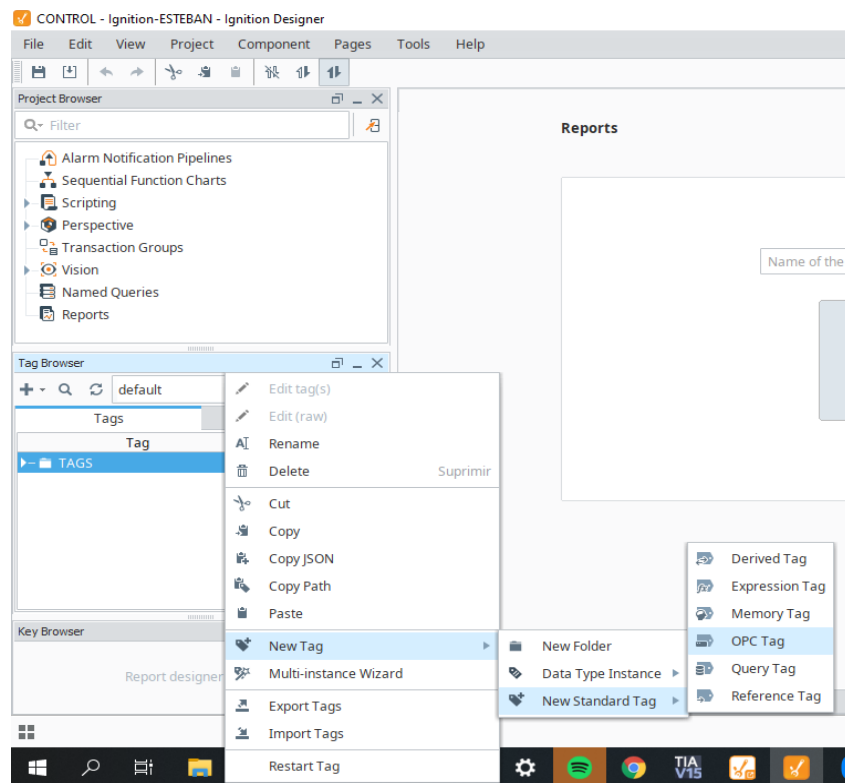


- **PASO 9:** Para configurar la conexión con el dispositivo PLC se deben crear tags que deben estar enlazados y comunicados al dispositivo. Estos tags representan señales gestionadas por el PLC.

Para crear estos tags en Ignition vamos al panel Tag Browser y seleccionamos Tags



- **PASO 10:** Hacemos clic con el botón derecho y seleccionamos New Tag y luego OPC Tag.



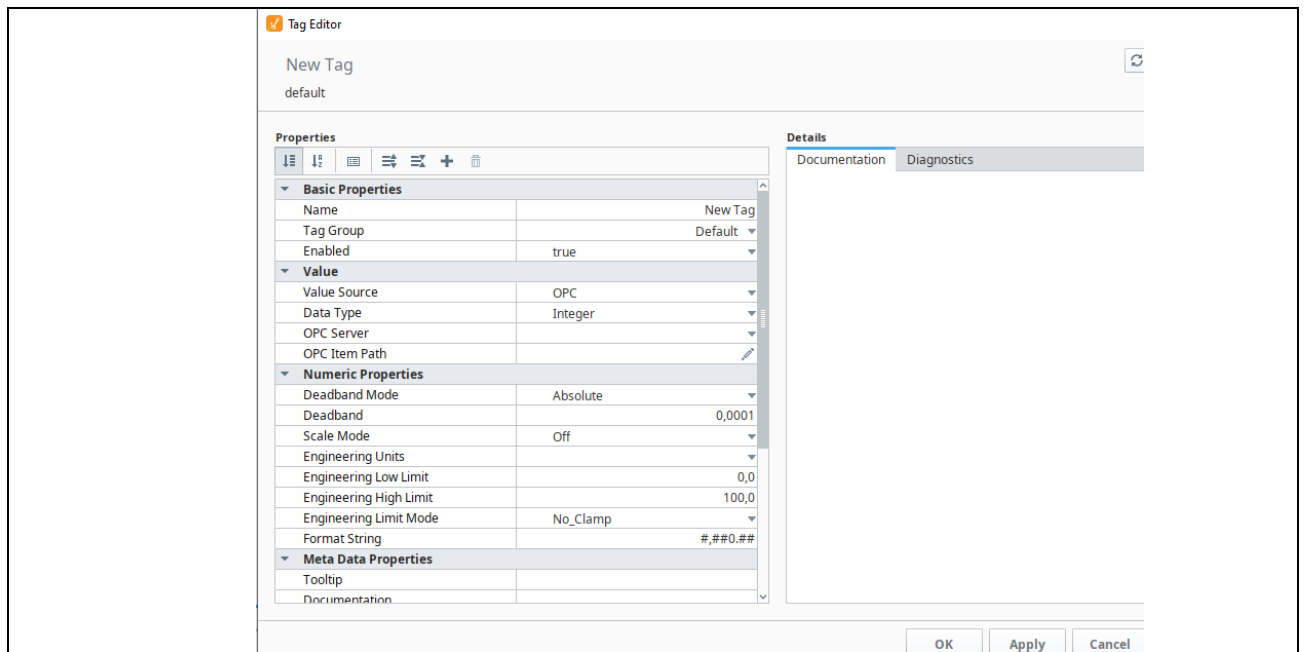
- **PASO 11:** Aparecerá la ventana Tag Editor. Asignamos los datos principales del tag:

Name: le damos un nombre al tag, que debería ser intuitivo.

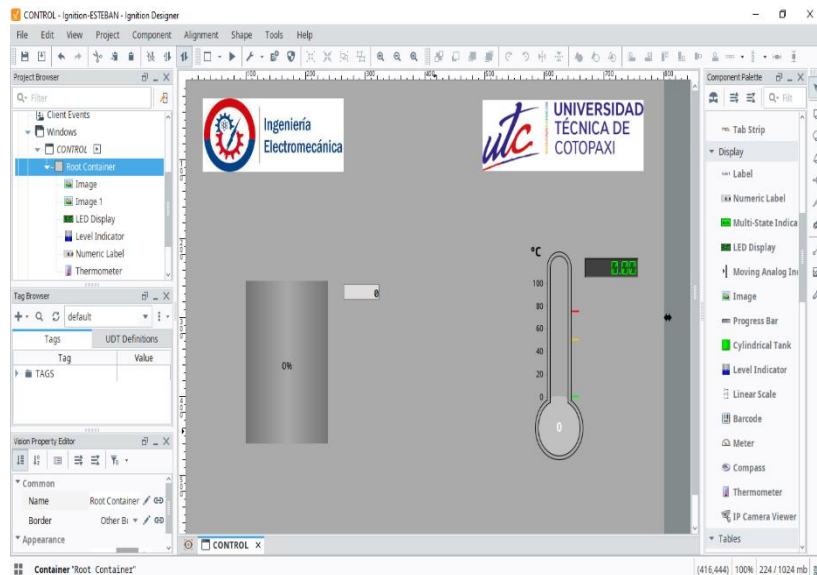
Data type: tipo de dato, debería estar acorde con la variable del PLC que vamos a escoger.

OPC Server: Ignition OPC-UA Server (seleccionamos del desplegable)

OPC Item Path: Aquí de debe escribir la ruta de acceso al registro dentro del PLC. Par el caso de un PLC real se debe utilizar una cierta nomenclatura. Para un PLC demo como el nuestro desplegamos las variables haciendo clic en el icono de cruz tridimensional y se abrirá una ventana Choose OPC Item en la que podremos seleccionar nuestro simulador PLC y elegimos una señal de tipo Writable, por ejemplo, WritableBoolean1.



- **PASO 12:** Editar las pantallas y Diseñar de acuerdo a las necesidades del operador para esto se crea una ventana en Main Windows donde se designa un nombre para dicha ventana.



3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS DE RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema SCADA nos permite interactuar mediante su interfaz entre Hombre-Máquina y así de esta manera facilitar procesos de control o a la vez tener una mayor facilidad para configuración de parámetros a medida de las necesidades del operador. • Se puede controlar las variables de los sensores mediante un controlador o llamado Set Point el mismo que al ejecutarlo variara de acuerdo al rango que establezca el operador 	

4	CONCLUSIONES
<p>Se puede controlar las variables de los sensores mediante un controlador o llamado Set Point el mismo que al ejecutarlo variara de acuerdo al rango que establezca el operador y así tener una interacción entre Hombre- Máquina más amigable.</p>	

5	RECOMENDACIONES
<p>Conocer cada uno de los procesos que se pueden realizar en la comunicación entre el PLC y el Software Ignition.</p> <p>Revisar la ayuda que ofrece TIA PORTAL para conocer más sobre las herramientas de programación que posee.</p> <p>Verificar los parametros del SCADA antes de proceder a la ejecución.</p>	

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<p>[1] J. Rejón. (2019, Abril 17). Wordpress[En línea].Disponible en: https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-SCADA/</p>	