



“Implementación de un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos”

Guanoluisa Santo, Jonathan Paúl

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía: Previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Ávila Villacís, Adrián Alejandro

15 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**Implementación de un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos**” fue realizado por el señor **Guanoluisa Santo, Jonathan Paul** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de marzo del 2020

Firma:



Ing. Ávila Villacís, Adrián Alejandro

C.C.: 0502399140

DIRECTOR DE PROYECTO

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Guanoluisa Paul Correccion2.docx (D98469305)
Submitted: 3/16/2021 1:18:00 AM
Submitted By: jpguanoluisa1@espe.edu.ec
Significance: 9 %

Sources included in the report:

TESIS GUATEMAL JORGE.docx (D78747664)
parte1.docx (D12354611)
TESIS_LEMA_WASHINGTON.pdf (D78517856)
Tesis Muñoz, Pérez.docx (D21226771)
Monografía_Aguirre Jaison.docx (D97275321)
Tesis_rev_final_Bastidas_Zurita.pdf (D62167678)
TESIS-CONTROL DIFUSO.docx (D25158825)
submission.docx (D62839802)
submission.pdf (D62908908)
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1687>
http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/286/1/Barrientos_Arturo_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf
<https://core.ac.uk/download/pdf/198131375.pdf>

Instances where selected sources appear:

26

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Adrián Alejandro Avila Villacis". The signature is stylized and somewhat cursive.

Avila Villacis, Adrián Alejandro
C.I: 0502399140
DIRECTOR DE PROYECTO



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Guanoluisa Santo, Jonathan Paul**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 15 de marzo del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Guanoluisa Santo, Jonathan Paúl', is written over a light blue circular stamp.

Guanoluisa Santo, Jonathan Paúl

C.C.: 0550008924



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Guanoluisa Santo, Jonathan Paúl**, con cédula N° 0550008924 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 15 de marzo del 2020

Firma:

Guanoluisa Santo, Jonathan Paúl

C.C.: 0550008924

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo como cada uno de los logros obtenidos a Dios y a mi familia que siempre está conmigo y me supo apoyar de manera incondicional, a mi madre que siempre me dio su amor y su apoyo para seguir adelante, a mi padre que con sus enseñanzas y consejos me motivo a continuar sin decaer, a mis hermanos que de igual manera con su apoyo me ayudaron a culminar este proyecto

Guanoluisa Santo Jonathan Paúl

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a DIOS por darme la vida, mi familia que es lo más valioso que tengo en esta vida.

A mis docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por el conocimiento que me han compartido a lo largo de mi preparación, de manera especial a mi tutor de proyecto por la paciencia y apoyo que ha tenido hacia a mí.

A las instituciones que me brindaron la oportunidad de poder crecer en conocimientos tanto profesionales como personales

Guanoluisa Santo Jonathan Paúl

Tabla de contenido	
Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenido.....	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	14
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	19
Justificación.....	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo General.....</i>	20
<i>Objetivo Especifico</i>	20
Alcance.....	20
Marco Teórico.....	22

Automatización Industrial	22
Pirámide de automatización.....	22
Instrumentación	24
Característica de los Instrumentos.....	24
<i>Campo de Medida o Rango (Range).....</i>	<i>25</i>
<i>Alcance (Span)</i>	<i>25</i>
<i>Error.....</i>	<i>25</i>
<i>Precisión.....</i>	<i>26</i>
<i>Zona Muerta (Dead Band).....</i>	<i>26</i>
<i>Sensibilidad.....</i>	<i>26</i>
<i>Repetibilidad.....</i>	<i>26</i>
<i>Histéresis.....</i>	<i>26</i>
Control de Procesos	27
<i>Sistema de Control de lazo abierto</i>	<i>27</i>
<i>Sistema de Control de Lazo Cerrado</i>	<i>28</i>
Control de Temperatura	29
<i>Sensores.....</i>	<i>29</i>
<i>Transductores</i>	<i>32</i>
<i>Transmisores.....</i>	<i>33</i>
<i>Controladores.....</i>	<i>33</i>
<i>Actuadores.....</i>	<i>33</i>

Controladores	34
<i>Control Automático</i>	34
Tipos de Controles	34
<i>Control Todo o Nada (ON-OFF)</i>	35
<i>Control Proporcional (P)</i>	36
<i>Control Integral (I)</i>	37
<i>Control Derivativo (D)</i>	37
<i>Control Proporcional Integral (PI)</i>	38
<i>Control Proporcional Derivativo (PD)</i>	39
<i>Control Proporcional Integral Derivativo (PID)</i>	40
Control por Ciclo Integral	41
<i>Control Del Factor De Potencia</i>	42
Histéresis.....	42
Arduino.....	42
<i>Lenguaje de Programación</i>	43
Labview.....	44
Desarrollo del tema	45
Descripción del proceso	45
Instalación del software Arduino (IDE).....	45
Detalles de la programación	45
<i>Librerías y Variables</i>	46

<i>Declarar entradas y salidas</i>	46
<i>Lectura del sensor</i>	47
<i>Envío y Recepción de Datos</i>	47
Obtención de datos del sensor	48
Implementación del diagrama de bloques en el software Labview	49
Elaboración del panel frontal en el software Labview.....	51
Verificar el funcionamiento del programa en simulación	55
Adquirir los materiales	56
Elaboración de la estación de temperatura	57
<i>Sujetar la Tarjeta de adquisición</i>	57
<i>Colocar el sensor</i>	57
<i>Colocar el Relé de esta sólido</i>	58
<i>Conectar la niquelina al Relé</i>	58
<i>Conectar la LCD 16x2</i>	59
Cargar el programa a la tarjeta de Adquisición de Datos	60
Selección de puerto	60
Prueba de funcionamiento	61
Visualización de la señal obtenida	62
Conclusiones y Recomendaciones.....	63
Conclusiones	63
Recomendaciones	64

Bibliografía.....	65
Anexos.....	69

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Tipo de Termopar</i>	31
Tabla 2 <i>Características del sensor LM35</i>	32
Tabla 3 <i>Características del Arduino</i>	43

Índice de figuras

Figura 1 <i>Automatización</i>	22
Figura 2 <i>Pirámide de Automatización</i>	24
Figura 3 <i>Característica de los instrumentos</i>	25
Figura 4 <i>Control de Procesos</i>	27
Figura 5 <i>Control de Lazo Abierto</i>	28
Figura 6 <i>Control de Lazo Cerrado</i>	28
Figura 7 <i>Pt100 de platino de 3 hilos</i>	30
Figura 8 <i>Termopar</i>	30
Figura 9 <i>Sensor LM35</i>	32
Figura 10 <i>Control Automático</i>	34
Figura 11 <i>Control ON/OFF</i>	35
Figura 12 <i>Control Proporcional</i>	36
Figura 13 <i>Fórmula del Control Integral</i>	37
Figura 14 <i>Control Proporcional Integral</i>	38
Figura 15 <i>Control Derivativo</i>	39
Figura 16 <i>Esquema de un control PID</i>	40
Figura 17 <i>Control por Ciclo Integral</i>	41
Figura 18 <i>Factor de Potencia</i>	42
Figura 19 <i>Lenguaje de Programación</i>	44
Figura 20 <i>Logo de Labview</i>	44
Figura 21 <i>Arduino</i>	45
Figura 22 <i>Librería y variables</i>	46
Figura 23 <i>Pines</i>	47
Figura 24 <i>Lectura</i>	47
Figura 25 <i>Enviar y Recibir datos</i>	48

Figura 26 <i>Simulación de Obtención de Datos</i>	48
Figura 27 <i>Estructuras</i>	50
Figura 28 <i>Puertos Ni Visa</i>	50
Figura 29 <i>Lectura y Escritura</i>	51
Figura 30 <i>Termómetro</i>	52
Figura 31 <i>Controladores Numéricos</i>	53
Figura 32 <i>Graficas</i>	54
Figura 33 <i>Panel Frontal</i>	55
Figura 34 <i>Simulación del Control de Temperatura</i>	56
Figura 35 <i>Tarjeta de adquisición de datos</i>	57
Figura 36 <i>Sensor de Temperatura LM35</i>	58
Figura 37 <i>Relé de estado sólido</i>	58
Figura 38 <i>Conexiones</i>	59
Figura 39 <i>Conexión LCD</i>	59
Figura 40 <i>Cargar Programa</i>	60
Figura 41 <i>Verificar los puertos</i>	61
Figura 42 <i>Verificación de la comunicación</i>	61
Figura 43 <i>Señal de las variables</i>	62

Resumen

En la actualidad las industrias cuentan con sistemas automatizados para control y supervisión de procesos mejorando la producción sin embargo los procesos deben ser bien elaborados, puesto que una falla generaría pérdidas grandes en empresas. En el presente proyecto se realizó la investigación de cómo implementar un control de temperatura por ciclo integral pero se implementó una maqueta de una estación de temperatura la cual permitirá leer, almacenar y enviar datos en tiempo real desde la tarjeta de adquisición de datos hacia el software Labview mediante una comunicación serial para poder realizar un control de temperatura ON/OFF con Histéresis. La Histéresis se implementó debido que el control ON/OFF simple produce fatiga y desgaste en los elementos de actuación en este caso la Niquelina, con esto se buscó mejor la sintonización de la señal que emite el sensor. La lectura de la temperatura se podrá visualizar en un display LCD. También se implementó una interfaz humano maquina (HMI) para monitorear y controlar la temperatura, los datos visualizados en el HMI se interpretan en gráficas para poder observar la variación existente de cada una de las señales. El actuador está relacionado directamente con el Set Point puesto que el Relé dependerá del Set Point que se fije. Por último se realizó varias pruebas para verificar su funcionamiento y corregir posibles errores.

Palabras Clave:

- **SISTEMA DE CONTROL**
- **CONTROL POR CICLO INTEGRAL**
- **HISTÉRESIS**

Abstract

Currently industries have automated systems for control and monitoring of processes to improve production, however the processes must be well developed, since a failure would generate large losses in companies. In the present project the investigation of how to implement a temperature control by integral cycle was carried out but a model of a temperature station was implemented which will allow to read, store and send data in real time from the data acquisition card to the Labview software through a serial communication in order to perform an ON/OFF temperature control with hysteresis. Hysteresis was implemented because the simple ON/OFF control produces fatigue and wear in the actuating elements, in this case the Nickeline, with this we looked for better tuning of the signal emitted by the sensor. The temperature reading can be visualized on an LCD display. A human machine interface (HMI) was also implemented to monitor and control the temperature, the data displayed on the HMI is interpreted in graphs to be able to observe the existing variation of each of the signals. The actuator is directly related to the Set Point since the Relay will depend on the Set Point that is set. Finally, several tests were performed to verify its operation and correct possible errors.

Key words:

- **CONTROL SYSTEM**
- **INTEGRAL CYCLE CONTROL**
- **HYSTERESIS**

CAPITULO I

1. Introducción

Tema

Implementación de un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos

1.1. Antecedentes

En los últimos años se ha visto como la automatización ha dado un gran paso, por lo que se requiere ampliar conocimientos teóricos y prácticos aplicados en los procesos industriales.

Según Javier Serpa Quispe, en su proyecto de titulación “diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta” manifiesta que el PLC, tiene un rango variado de esquemas que permite controlar de forma eficiente el proceso de funcionamiento del horno industrial. Además, indica que utilizando controladores lógicos programables el control de temperatura se consigue con facilidad y precisión. (Quispe, 2017)

Según Méndez Guillén Dave Luis, en su proyecto de titulación “Diseño e implementación de sistema de control de nivel y temperatura de tanque de agua para prácticas en la materia de control de procesos” manifestó que se debe tener en cuenta el tipo y el rango de señales que permite leer el PLC; ya que si el sensor emite señales que no pueden ser leídas por el PLC, se debe realizar un acondicionamiento de señales (Luis, 2014)

Para Xavier Alberto Rojas Segarra, en su proyecto de titulación “Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión HMI para maquina barnizadora

de la empresa el telégrafo” determinó que el desarrollo de un sistema configurado de un controlador lógico programable, el cual se encarga de controlar y supervisar los diferentes estados de la máquina. Para el control de temperatura el PLC, permite mantener un valor de temperatura deseado con una configuración HMI. (Segarra, 2015)

1.2. Planteamiento del problema

El número de estudiantes que realizan prácticas en el Laboratorio de Instrumentación Virtual supera por una gran cantidad al número de estaciones disponibles.

Por la falta de estas estaciones existen estudiantes que no pueden realizar las prácticas correspondientes por lo cual se ha llegado a tener dos tipos de estudiante los que practican y los que observan, lo cual genera falta de conocimiento en los estudiantes, este resultado pueden ser notorio en los exámenes prácticos realizados, los estudiantes que observaron no pueden desarrollar las actividades propuestas y aquellos que realizaron la práctica pueden desarrollar mejor las evaluaciones

Por tal motivo es necesario la implementación de material didáctico, para realizar un control de temperatura por ciclo integral, lo cual ayudará a que los estudiantes adquieran mejores conocimientos y se familiaricen con la estación.

1.3. Justificación

En el presente proyecto se realizará debido a la carencia de equipos suficientes para desarrollar prácticas relacionadas al control de temperatura, con esto se busca mejorar el perfil profesional de los estudiantes para que así puedan desenvolverse de mejor manera en el ámbito laboral.

Los estudiantes de la carrera “Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica” implementarán una estación de temperatura para mejorar las condiciones de aprendizaje en el Laboratorio de Instrumentación Virtual.

La implementación de material didáctico, para realizar un control de temperatura por ciclo integral, ayudará a que los estudiantes adquieran mejores conocimientos y se familiaricen con la estación y con los diversos tipos de controladores de temperatura.

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Implementar un controlador de temperatura por ciclo integral para prácticas de control de procesos.

1.1.2. Objetivo Específico

- Construir una estación de temperatura para desarrollar las prácticas correspondientes en el Laboratorio de Instrumentación Virtual.
- Implementar el control de temperatura por ciclo integral que permita identificar las partes que constituyen la solución del problema de control.
- Diseñar un HMI mediante Labview para activar las salidas analógicas del PLC, y así poder visualizar la curvatura que genera el control.

1.5. Alcance

El presente proyecto se realizará en el laboratorio de instrumentación virtual de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

En el desarrollo de la práctica se generara una estación de temperatura además se desarrollara una guía del funcionamiento, datos y características de la estación de temperatura.

Finalmente se realizará un HMI para poder controlar y visualizar la temperatura realizándola en el software Labview, la programación se la realizará en el software Arduino, para poder obtener datos analógicos.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1. Automatización Industrial

Se define como la ciencia que busca remplazar al operador humano por diferentes dispositivos mecánicos o electrónicos, por lo general nos referimos a la aplicación de varias tecnologías que han sido orientadas al control y monitoreo de procesos que se realizan de manera repetitiva haciendo que funcione de forma automática. (VITC, 2019)

Figura 1

Automatización



Nota. Control de Procesos Supervisado. (RODAmovimiento, s.f.)

2.2. Pirámide de automatización

Es una estructura estratégica orientada a la intercomunicación de cada uno de los niveles en el proceso de producción en una empresa. Esta estructura que integra personas, procesos, información y estructuras tecnológicas, proporciona un método más eficaz de gestión que ofrece muchas ventajas competitivas para la empresa.

La pirámide puede visualizar los elementos involucrados en cada nivel e identificarlos durante el proceso de producción. Los niveles de la pirámide están entrelazados por diferentes tecnologías específicas para cada etapa de producción. Los niveles que componen la pirámide son básicamente cinco, dispuestos en orden ascendente de la siguiente manera, (Lozano & Zamora, 2008)

- **El primer nivel o "nivel de campo".-** Incluye dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.
- **El segundo nivel o "nivel de control".-** Incluye dispositivos controladores como ordenadores, PLCs, PIDs, etc.
- **El tercer nivel o "nivel de supervisión".-** Corresponde a sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).
- **En un nivel superior o "nivel de planificación".-** Administra la producción de la empresa. Permite la planificación de la producción, facilita los procesos, al dar a los responsables información global actualizada de todo el proceso productivo.
- **La cúspide de la pirámide o "nivel de gestión".-** Se puede caracterizar por estar constituido por ordenadores donde llega toda la información de planeación y gestión de la empresa. Se emite información al nivel 3 sobre la situación comercial y se recibe información sobre cumplimiento de programas, costes, etc. (Lozano & Zamora, 2008, págs. 23,24,25,26)

Figura 2

Pirámide de Automatización



Nota. Niveles que conforman la pirámide de Automatización, Tomado de (Lozano & Zamora, 2008)

2.3. Instrumentación

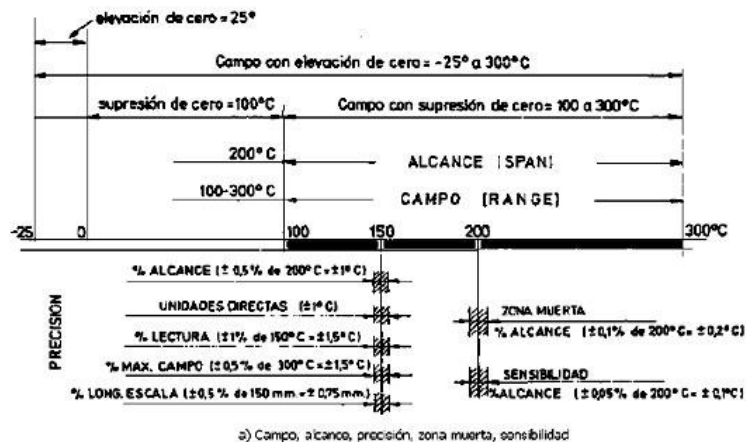
Según (Gutiérrez & Iturralde), Instrumentación está definida como el conjunto de ciencias y tecnologías con las que se pueden medir variables físicas y químicas para tener información para su archivo, evaluación y poder aplicar en Sistemas de Control Automático.

2.4. Característica de los Instrumentos

Los instrumentos poseen su propia terminología la cual define las características de medida y control. (CREUS, 2010, pág. 4)

Figura 3

Característica de los instrumentos



Nota. Características que poseen los instrumentos. Tomado de (CREUS, 2010)

2.4.1. Campo de Medida o Rango (Range)

Se define como el conjunto de valores dentro de los límites de medida tanto superior como inferior, en los cuales el instrumento trabaja de forma confiable y eficaz. (VILCHIS, 2009)

2.4.2. Alcance (Span)

Se define como la diferencia existente entre el límite superior e inferior del campo de medida. (VILCHIS, 2009, pág. 57)

2.4.3. Error

Se define como la diferencia que existe entre el valor de variable obtenido del instrumento con el valor de variable deseado.

2.4.4. Precisión

Se define como la tolerancia de medición que permite indicar, registrar o controlar el instrumento, o puede ser la escala del instrumento indicador, expresada en porcentaje. (VILCHIS, 2009, pág. 57)

2.4.5. Zona Muerta (Dead Band)

Es el rango de cambio máximo de la variable en el proceso real. Durante este proceso, el valor de medición registrado del instrumento no cambiará, de modo que se obtenga una sensibilidad cero, por lo que la indicación en la señal de salida del actuador permanece sin cambios. (VILCHIS, 2009, pág. 57)

2.4.6. Sensibilidad

Se define como la relación entre la señal de salida o la respuesta del instrumento al cambio en la entrada o la variable, esta puede ser la variación relativa de un parámetro fijo que sufre la indicación del instrumento al cambio en el proceso de la variable que causa ese efecto como puede ser señal/ruido. (VILCHIS, 2009, pág. 57)

2.4.7. Repetibilidad

Se define como la capacidad que tiene el instrumento de repetir el valor de una medición, de una variable real bajo las mismas condiciones en repetidas ocasiones. (VILCHIS, 2009, pág. 57)

2.4.8. Histéresis

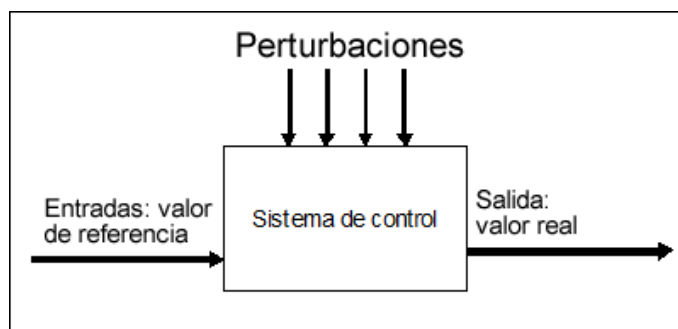
Cuando la variable se mueve hacia arriba y hacia abajo en toda la escala en ambas direcciones, es la mayor diferencia observada en el valor representado por el lápiz o la señal de salida del indicador o instrumento, para el mismo valor de campo medido. Se expresa como porcentaje del rango de medición. (CREUS, 2010, pág. 17)

2.5. Control de Procesos

Está constituido por un conjunto de dispositivos que facilitan la producción y mejorar la calidad del producto dichos dispositivos puede ser eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, etc. Teniendo en cuenta la medida y el análisis de las variables que intervienen en el control, así como la toma de decisiones para ejecutar el control. (Cusido, 2014)

Figura 4

Control de Procesos



Nota. La figura representa el diagrama del control del sistema. Tomado de (Cusido, 2014)

2.5.1. Sistema de Control de lazo abierto

Es aquel controlador que su salida ni se mide ni se retroalimenta para poder comparar con la entrada, es decir que por cada señal de entrada corresponde una condición de operación fijada. Se puede decir que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control, los elementos de este sistema se dividen en dos partes.

- Controlador
- Proceso Controlado

Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como una señal de control o señal actuante, la cual regula el proceso controlado, de tal

forma que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo a ciertas especificaciones o estándares establecidos. (Pérez, Hidalgo, & Pérez)

Figura 5

Control de Lazo Abierto



Nota. La figura representa el diagrama de control en lazo abierto. Tomado de (Pérez, Hidalgo, & Pérez)

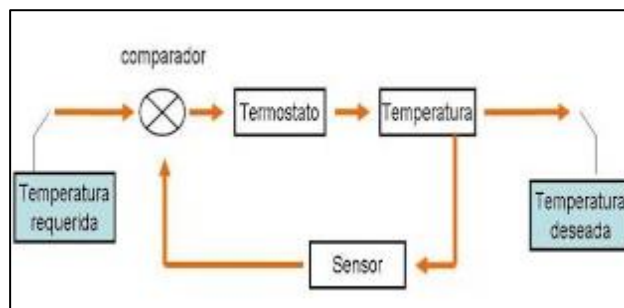
2.5.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado

Es aquel controlador que su salida o señal controlada debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, se puede decir que es aquel control que la señal de salida tiene intervención directa con la acción de control y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema para con ello disminuir el error y corregir la salida. La toma de decisiones no depende directamente de la entrada sino también de la salida.

(MediaFire, 2016)

Figura 6

Control de Lazo Cerrado



Nota. Diagrama de control en lazo Abierto. Tomado de (MediaFire, 2016)

2.6. Control de Temperatura

Este es un instrumento para el control de temperatura. El controlador de temperatura toma la entrada del sensor de temperatura y tiene una salida conectada a un elemento regulador como un calentador o ventilador. Para ajustar con precisión la temperatura del proceso sin que el personal opere laboriosamente, el sistema de control de temperatura se basa en un controlador que acepta un sensor de temperatura como entrada. (Omega, 2017)

Los elementos que forman parte de un sistema de control son los siguientes:

- Sensores
- Transductores
- Transmisores
- Controladores
- Actuadores

2.6.1. Sensores

Dispositivo que tiene por objetivo registrar una variable medida para enviar una señal que permita continuar el proceso. Es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir. (DeweSoft, 2020)

PT100. Se lo implementa como un sensor de temperatura el cual está constituido por un alambre de platino que a 0° tiene 100 ohmios (Ω) y que al aumentar la temperatura el valor de la resistencia eléctrica también aumenta.

Figura 7

Pt100 de platino de 3 hilos



Nota. La figura representa un Pt100 de 3 hilos. Tomado de (TeiiMX, s.f.)

Termopar. También conocida como Termocupla. Consta de dos hilos de distintos materiales que generalmente están soldados, cuando se aplica temperatura en la unión de los materiales se genera un voltaje (efecto Seebeck) del orden de los milivoltios, variar dependiendo de la temperatura aplicada. (Carner, 2016)

Figura 8

Termopar



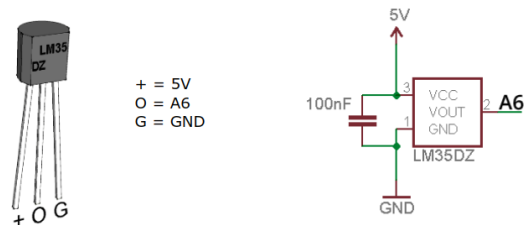
Nota. La figura representa un termopar de dos hilos. Tomado de (Carner, 2016)

Tabla 1*Tipo de Termopar*

TIPO TERMOPAR	T. MÍNIMA	T. MÁXIMA	APLICACIONES
TIPO K	-200 °C	1372 °C	Atmósferas oxidantes o de gas inerte
TIPO T	-184 °C	400 °C	Industria de refrigeración
TIPO J	0 °C	700 °C	Petroquímica
TIPO S	0 °C	1538 °C	Industrias d Gas
TIPO N	-270 °C	1300 °C	Hornos de fundición
TIPO R	0 °C	1593 °C	Gas Inerte
TIPO E	0 °C	982 °C	Potencia termoeléctrica
TIPO B	38 °C	1800 °C	Se utiliza metales preciosos

Nota. En la Tabla 1 se puede verificar la clasificación del termopar, sus características y aplicaciones más comunes.

LM35. Es un circuito electrónico que puede medir temperatura. Su salida es analógica, es decir, te proporciona un voltaje proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C . Su popularidad se debe a la facilidad con la que se puede medir la temperatura. Incluso no es necesario de un microprocesador o microcontrolador para medir la temperatura. (NAYLAMP MECHATRONICS, 2020)

Figura 9*Sensor LM35*

Nota. Diagrama de conexión. Tomado de (NAYLAMP MECHATRONICS, 2020)

Tabla 2*Características del sensor LM35*

Característica	Descripción
Resolución	10mV por cada grado centígrado.
Voltaje de alimentación	4Vdc hasta 20Vdc.
Tipo de medición	Salida analógica
Pines	GND, VCC y V. Salida
Consumo de corriente	60 μ A

Nota. Datos principales de sensor de temperatura LM35. (Marmolejo, s.f.)

2.6.2. Transductores

Hace referencia al convertor de señales de forma de energía a otra señal diferente. La conversión puede ser de una señal física o química en una señal eléctrica (transductor de entrada) o viceversa (transductor de salida o actuador), o incluso puede no involucrar señales eléctricas. (Prototipadolab, 2017)

2.6.3. Transmisores

Son instrumentos capaces de captar una variable en proceso y transmitir a distancia a un instrumento indicador o controlador, su principal función es tomar cualquier valor de una señal y transformar, acondicionar y normalizar una señal estándar para que el instrumento receptor reciba los datos. (Instrumentación Y Control, 2015, pág. 17)

Según (PRADA, 2016) existen algunos tipos de transmisores de señal los cuales se detalla a continuación.

- Señal Neumática (3-15 PSI)
- Señal Eléctrica (4-20 mA)
- Frecuencia (pulso/tiempo)
- Señales Digitales (Hart, RS-232)

2.6.4. Controladores

Son aquellos instrumentos que cumplen la función de comparar el valor medido con el valor deseado, en base a esta operación obtiene un error el cual será corregido. (Gutiérrez & Iturralde, 2017, pág. 12)

2.6.5. Actuadores

Es aquel instrumento que interviene directamente sobre la variable controlada para que cumpla su funcionamiento previamente definido. (Gutiérrez & Iturralde, 2017, pág. 12)

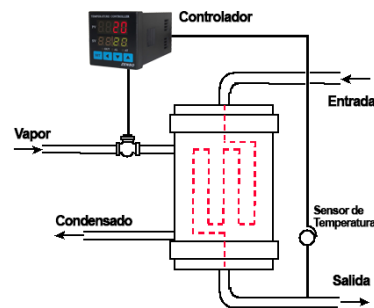
2.7. Controladores

2.7.1. Control Automático

La finalidad es mantener la variable controlada próxima a un valor deseado conocido como punto de ajuste "Set-Point". Sin importar las perturbaciones en la variable controlada, un elemento de control solo puede ser regulado aplicando correcciones. (Grimaney, 2011, pág. 3)

Figura 10

Control Automático



Nota. Variador de temperatura automático, Tomado de (Grimaney, 2011)

2.8. Tipos de Controles

Los controladores industriales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Control Todo o nada (ON-OFF)
- Control Proporcional (P)
- Control Integral (I)
- Control Derivativo (D)
- Control Proporcional Integral (PI)
- Control Proporcional Derivativo (PD) Control Proporcional Integral Derivativo (PID)

2.8.1. Control Todo o Nada (ON-OFF)

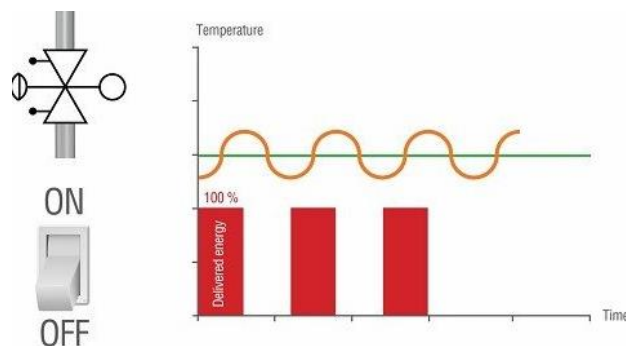
Para llevar a cabo esta clase de controlador se necesita utilizar un algoritmo sencilla para comprobar si la variable de proceso está por arriba o por abajo de un set point definido. En términos prácticos, la variable manipulada o la señal de control del controlador cambia entre “totalmente ON” o plenamente OFF, además conocido como o Lógico y 1 Lógico dependiendo su acción sin estados intermedios. Esta clase de accionamiento causa un control bastante inexacto de la variable de proceso.

No solo es un inconveniente de exactitud, sino que esta clase de control utilizado para una banda de control bastante pequeña o un solo set point en concreto fatigaría al componente final de control, ejemplificando, desgaste de elementos mecánicos. En la situación del intercambiador, el periodo térmico (frio, caliente, frio, caliente, etcétera.) fatigaría los recursos implementadas en el control y por consiguiente menor tiempo de vida.

Otro elemento es la perdida de energía que se crea pues una y otra vez se estaría calentando el fluido a temperaturas más grandes a la elemental. De igual manera, este sobre calentamiento o sobre-enfriamiento indudablemente perjudicara la calidad del producto final, otro punto de considerar. (VILLAJULCA, 2018)

Figura 11

Control ON/OFF



Nota. Señal en relación tiempo/temperatura. Tomado de (VILLAJULCA, 2018)

2.8.2. Control Proporcional (P)

La acción de control proporcional constituye un amplificador con ganancia ajustable. La variable medida se resta de la entrada (la variable deseada) para formar una señal de error. Este tipo de acción de control no tiene en cuenta el tiempo por lo que es importante unirla con alguna parte de acción integral o derivativa. (ECURED, 2019)

$$m(t) = K_p * e(t)$$

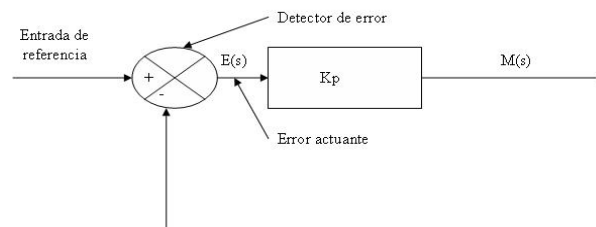
- $m(t)$: salida del controlador
- $e(t)$: error actuante
- K_p : sensibilidad proporcional o ganancia

En algunos controladores lo que se utiliza es la banda proporcional que no es más que la modificación expresada en porcentaje de variación de entrada al controlador $e(t)$, requerida para producir un cambio del 100% en la salida $m(t)$. Entonces la ecuación que describe la banda proporcional (BP) es:

$$BP = 100/K_p$$

Figura 12

Control Proporcional



Nota. Diagrama de retroalimentación. Tomado de (ECURED, 2019)

2.8.3. Control Integral (I)

Tiene como propósito disminuir el error generado por el control proporcional, también se lo conoce como control de reajuste (reset). Este control actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de referencia integrado esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. La fórmula del control integral está dada por

Figura 13

Fórmula del Control Integral

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad \text{Transformando} = m(s) = K_i \frac{E(s)}{s}$$

Nota. Tomado de (Todoproductividad, 2012)

Donde K_i es una constante ajustable

Si se incrementa el doble en $e(t)$, $u(t)$ será dos veces más rápido, si se obtiene un error igual a cero el valor de $u(t)$ permanecerá en estado estacionario.

(Todoproductividad, 2012)

2.8.4. Control Derivativo (D)

Es un ajuste al proceso basado en la tasa de variación de la corriente del proceso. Se usa generalmente en casos donde existe un gran retraso temporal en el dispositivo controlado y el sensor implementado en la retroalimentación, este produce un efecto total de prevenir que la señal obtenida del actuador vaya muy lejos en una dirección u otra dirección. (Todoproductividad, 2012)

2.8.5. Control Proporcional Integral (PI)

Es el control más utilizado en la industria gracias a que por su acción integral ayuda a reducir los errores existentes en el control. Este mismo control se puede decir que se divide en dos partes las cuales son la parte del regulador proporcional (Instantáneamente) mientras que la parte integral solo entra en acción en un intervalo de tiempo (T_i = tiempo integral).

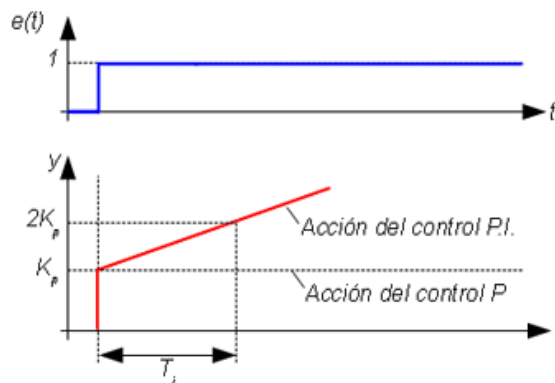
La función de transferencia de un control PI está dada en la siguiente función:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_p * \left(\frac{1}{T_i * s} + 1 \right)$$

Donde K_p y T_i son parámetros que se pueden modificar según las necesidades del sistema. Si el Tiempo de Integración es grande se tendrá una pendiente tipo rampa y el efecto integral será pequeño, y así viceversa según sea el tiempo de integración. (dademuchconnection, 2019)

Figura 14

Control Proporcional Integral



Nota. La figura representa la acción que ejerce el PI. Tomado de (dademuchconnection, 2019)

2.8.6. Control Proporcional Derivativo (PD)

Este control se lo implementa gracias a que reduce el sobre impulso de estabilización, pero también incrementa los demás parámetros como el ruido. La acción del controlador derivativo actúa sobre la magnitud de salida ya que la variación del error es proporcional a la velocidad de cambio, el tiempo derivativo (t_d) hace avanzar la acción proporcional. (UdeSantiagoVirtual, 2017)

La fórmula del control proporcional derivativos es la siguiente:

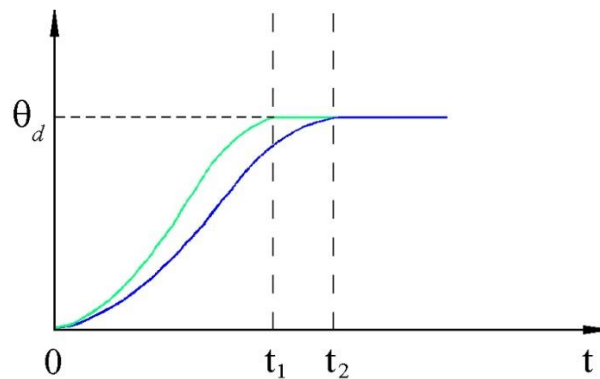
$$u(t) = K_c e(t) + K_c T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Y la función de transferencia está dada por

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c (1 + T_d s)$$

Figura 15

Control Derivativo



Nota. La figura representa la acción del control Derivativo. Tomado de (UdeSantiagoVirtual, 2017)

2.8.7. Control Proporcional Integral Derivativo (PID)

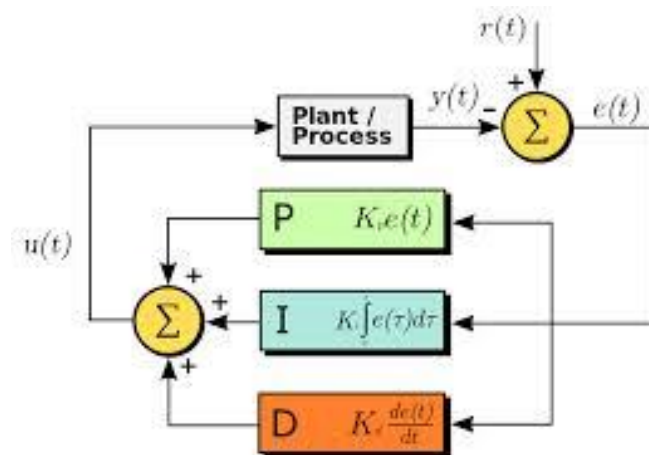
Los controles PID realizan el control de numerosos productos y procesos industriales, ya que controla una variable (temperatura, flujo, nivel, luminosidad, etc.). Estos controles constan de tres partes las cuales son Proporcional, Integral y Derivativo, es fácil de construir y calcular ya que tiene muy buenos resultados en la corrección de señales en tiempo real pues es relativo a la realimentación del sistema, es muy bueno gracias a su estabilidad, (Mandado, Marcos, Fernández, & Armesto, 2009)

El control PID tiene tres variables que se pueden ajustar de acuerdo al tipo de proceso que se aplique, las variables son: K_c , T_d , T_i las cuales se aplican en la siguiente fórmula.

$$u(t) = K_c e(t) + K_c T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_c}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

Figura 16

Esquema de un control PID



Nota. Constante del proceso PID. Tomado de (Mandado, Marcos, Fernández, & Armesto, 2009)

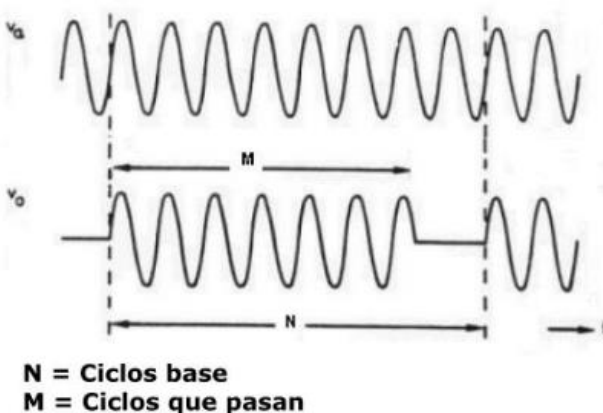
2.9. Control por Ciclo Integral

Los controladores por Ciclo integral son convertidores directos de CA en CA debido a que conmutan de manera directa sin tener la necesidad de pasar por la conversión de CA en CC y después de CC en CA. En esta clase de control se deja pasar a la carga un número completo de ciclos enteros y se bloquea otro número definido de ciclos.

Se aplica en control de temperatura Es de naturaleza sinusoidal. Opera combinando y eliminando semiciclos de alta frecuencia del acceso de CA. Los controladores comúnmente se encienden o apagan a lo largo de medios ciclos donde el acceso de voltaje está en cero, debido a que solo se aplican los ciclos enteros o medios. Por consiguiente, los circuitos de periodo integral logran la conmutación a voltaje cero sin solicitar un circuito resonante. (Ballester & Pique, 2012)

Figura 17

Control por Ciclo Integral



Nota. La figura representa las señales que genera un control por Ciclo Integral. Tomado de (Reguladores de Corriente, 2016)

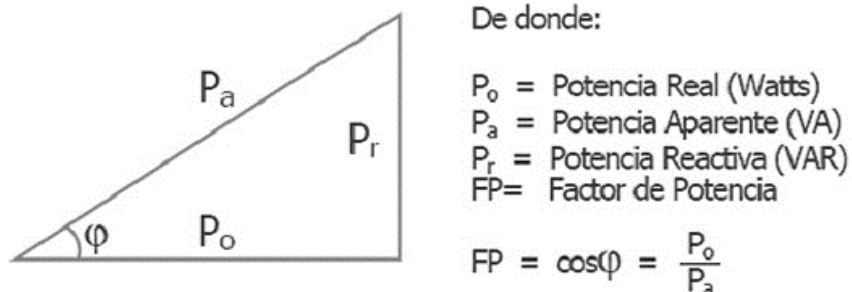
EL ciclo integral tiene integrado un factor de potencia el cual le ayude a mantener todas las señales y evitar pérdidas en las conmutaciones de conversión.

2.9.1. Control Del Factor De Potencia

El control del factor de potencia, también conocido como corrección del factor de potencia, es el proceso de reducir la cantidad de potencia reactiva. El dispositivo electrónico de potencia utilizado en este caso se denomina controlador de factor de potencia.

Figura 18

Factor de Potencia



Nota. La figura representa los ángulos que utiliza la potencia. Tomado de (Prolyt, 2016)

2.10. Histéresis

Son los rangos máximos y mínimos que puede llegar la señal que se está procesando en tiempo real. Ayuda a disminuir la fatiga y desgaste del actuar (Guanoluisa, 2021)

2.11. Arduino

Se lo define como una plataforma de electrónica abierta capaz de crear prototipos tanto de software como de hardware libre, son fáciles de usar, Arduino puede

tomar información a través de sus pines de entrada para realizar procesos con los pines de salida ya que también son microcontroladores monoplaca.

Tabla 3

Características del Arduino

MICROCONTROLADOR:	ATMEGA328
Voltaje de Operación:	5 V
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7-12 V
Voltaje MÁX/MÍN :	6-20 V
Digitales I/O Pines:	14 (de los cuales 6 son PWM)
Entradas Analógicas:	6
Corriente por Pin:	40 mA
Memoria Flash:	32 KB (ATmega328) 2 KB
Memoria SRAM:	2 KB (ATmega328)
Memoria EEPROM:	1 KB (ATmega328)
Velocidad del Reloj:	16 MHz

Nota. Características Técnicas que posee un Arduino. Tomado de (Xalaca, 2020)

2.11.1. Lenguaje de Programación

En simples palabras son el conjunto de instrucciones con las que las personas interactúan directamente con los servidores a través de algoritmos e instrucciones escritas en una sintaxis que el servidor entiende e interpreta la acción deseada.

(LÓPEZ, 2020)

Figura 19

Lenguaje de Programación



Nota. Tipos de lenguajes de Programación. Tomado de (RUFINO, 2020)

2.12. Labview

Es una plataforma creada para diseñar sistemas, con lenguaje de programación visual grafico el cual puede aplicarse con softwares y hardware de pruebas, control y diseño simulado o real. (Instruments, 2019)

Figura 20

Logo de Labview



Nota. Software de programación visual gráfico. Tomado de (Pinterest, 2020)

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del tema

3.1. Descripción del proceso

Se realizó un HMI en el software Labview con un protocolo de comunicación RS232 para obtener la lectura de un horno eléctrico mediante un sensor de temperatura LM35, una vez obtenida la lectura se implementó un control ON/OFF con Histéresis para controlar la variable de proceso, la adquisición de datos se realizará con un Arduino Uno.

3.2. Instalación del software Arduino (IDE)

En el navegador se procede a buscar y descargar la última versión de Arduino, el cual permitirá realizar el código de programación para la tarjeta de adquisición de datos (Arduino). La última versión cuenta con librerías actualizadas. (Arduino, s.f.)

Figura 21

Arduino



Nota. Logo oficial del software Arduino. (Arduino, s.f.)

3.3. Detalles de la programación

Para programar el código de ejecución se procede a incluir las librerías necesarias y definir pines de entrada y salida. Las variables que se utilizaran en el proceso y cada

una de las líneas necesarias en la programación. El código se desarrolló en diferentes partes las cuales son:

- Incluir Librerías y Variables
- Declarar entradas y salidas
- Lectura del sensor
- Envío y Recepción de datos

3.3.1. Librerías y Variables

Se implementó la librería que activa la LCD y se definió los pines que utiliza la misma, también se creó las variables que se necesitan para desarrollar el código de programación.

Figura 22

Librería y variables

```
#include <LiquidCrystal.h>

const int rs = 10, en = 9, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
float dato;
float voltaje;
float temp;
char var;
```

3.3.2. Declarar entradas y salidas

Con las variables creadas se procede a declarar los pines que se implementan para la lectura del sensor y las salidas para el actuador.

Figura 23*Pines de salida del Arduino*

```
int LED=7;
int LED1=12;
void setup() {
```

3.3.3. Lectura del sensor

El sensor emitirá datos al Arduino y dentro del código de programación se desarrolló una conversión aritmética para poder convertir la señal recibida en temperatura la cual se mostrara en Grados Centígrados (°C), también se observa lo que mostrara la LCD, se puede visualizar el tiempo de espera para actualizar la toma de datos.

Figura 24*Lectura del sensor*

```
dato=analogRead(A0);
voltaje=(5*dato)/1023;
temp=100*voltaje;
delay(500);
Serial.println(temp);
lcd.begin(16, 2);
lcd.print( "TEMPERATURA=");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print( temp );
delay(500);
```

3.3.4. Envío y Recepción de Datos

En este punto creamos las líneas de programación para leer y escribir los datos y con ello enviar mediante el puerto serial hacia el software Labview para poder controlar mediante el panel de control elaborado posteriormente.

Figura 25

Enviar y Recibir datos

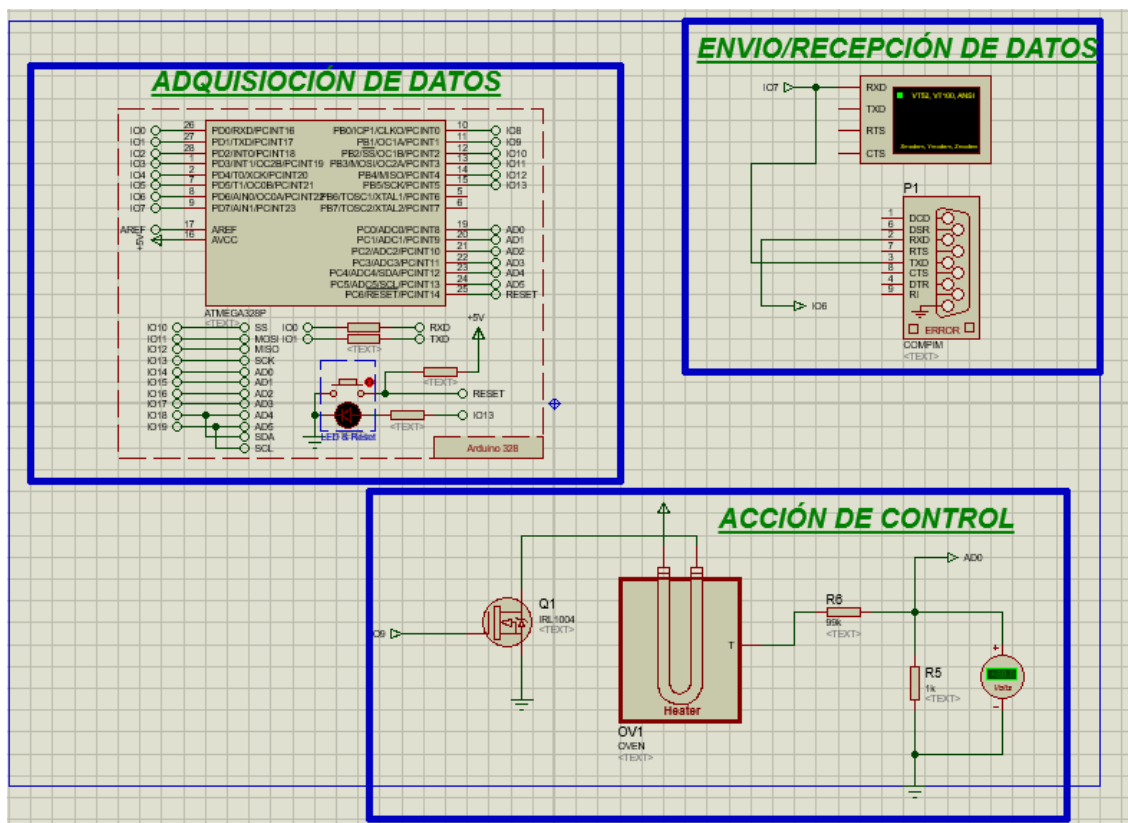
```
var=Serial.read();  
if (var=='a')  
{  
    digitalWrite(LED, HIGH);  
  
    delay(100);}  
  
if (var=='c')  
{  
    digitalWrite(LED, LOW);  
  
    delay(100);}  
}
```

3.4. Obtención de datos del sensor

Se procedió a elaborar de un control simulado en el software proteus para poder observar el correcto funcionamiento de la obtención de datos del sensor ubicado en el horno, después se enviara los datos a la tarjeta de adquisición de datos para previamente realizar la conversión y poder realizar la comunicación entre los programas proteus y Labview, para realizar la comunicación RS232.

Figura 26

Simulación de Obtención de Datos



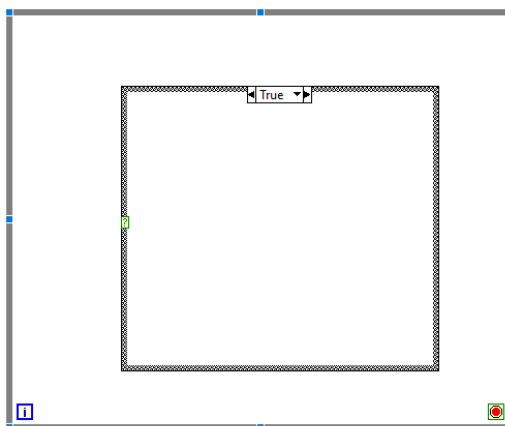
3.5. Implementación del diagrama de bloques en el software Labview

Para la elaboración del diagrama de bloques se realizará diversos procedimientos los cuales van a ser detallados a continuación:

- Crear una estructura "WHILE LOOP" para poder realizar la conexión de la comunicación entre el software Labview y Arduino, posterior a ello implementar una estructura "CASE STRUCTUR" para que cumpla cada uno de los casos necesarios.

Figura 27

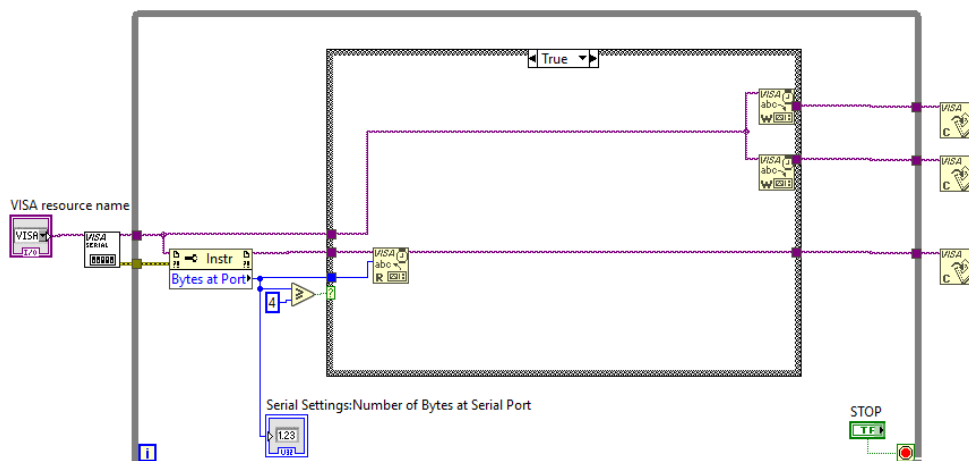
Estructuras en Labview



- El siguiente paso es implementar el icono de comunicación serial, mismo que se creó en el panel frontal en este mismo punto conectaremos con el icono “Visa Configure Serial Port”. También se procede a completar todas las instrucciones Ni Visa para cerrar la comunicación.

Figura 28

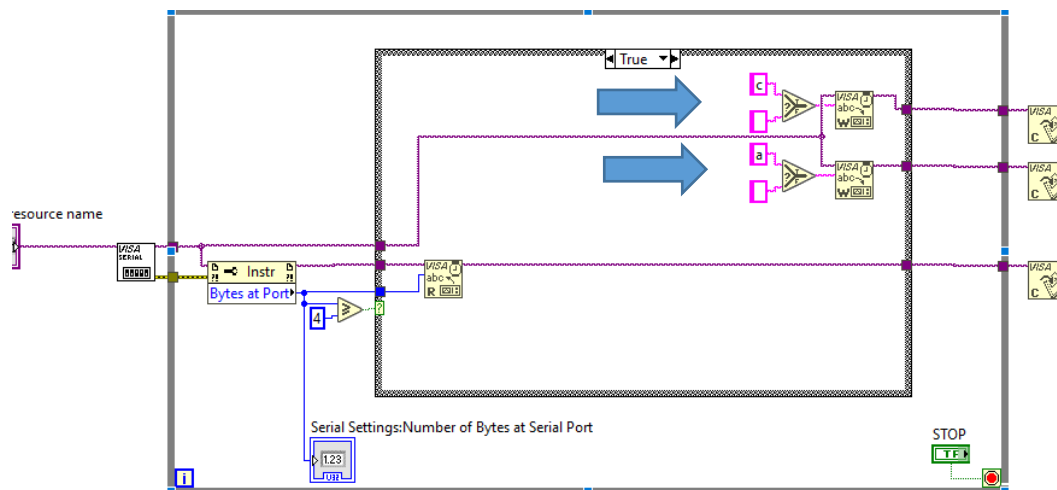
Puertos Ni Visa



- En el diagrama de bloques colocamos la lectura de caracteres que se necesitara para leer o escribir las condiciones dadas por la Tarjeta de Adquisición

Figura 29

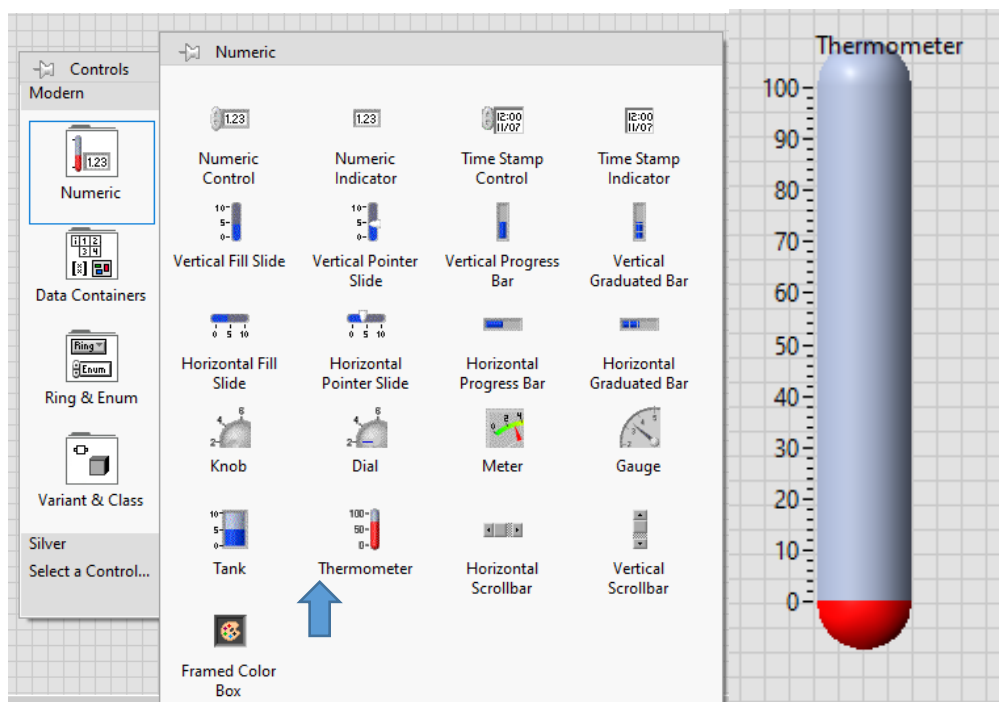
Lectura y Escritura



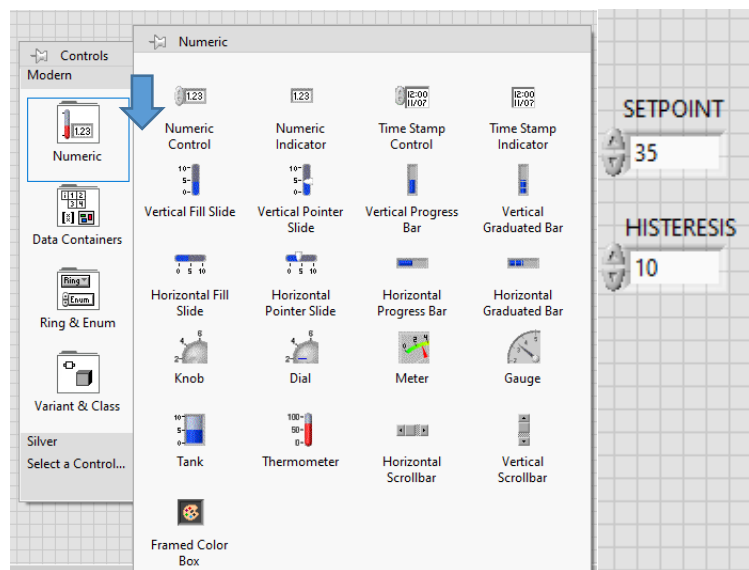
3.6. Elaboración del panel frontal en el software Labview

Se creó un panel de control para recibir los datos enviados por la tarjeta de adquisición, para poder evidenciar los cambios de temperatura para dicho panel se deberá implementar todos los elementos necesarios para poder enviar los datos por el puerto serial.

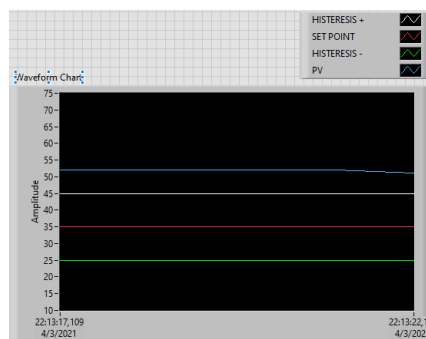
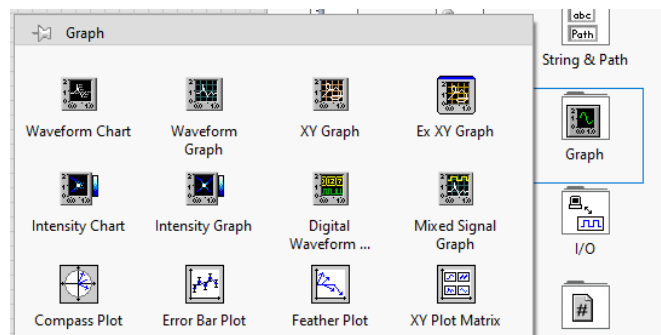
- Primero dar click derecho sobre la pantalla y seleccionar “Numeric” y dentro de las librerías del “Numeric” seleccionar el icono “Termometer”

Figura 30*Termómetro*

- Como siguiente punto se procede a obtener los controles numéricos, estos se encuentran dando click derecho en la pantalla y seleccionar “Numeric” y dentro se debe seleccionar el icono “Numeric Control”. Este icono se utilizar en dos ocasiones que serán el Set Point y la Histéresis de proceso.

Figura 31*Controladores Numéricos*

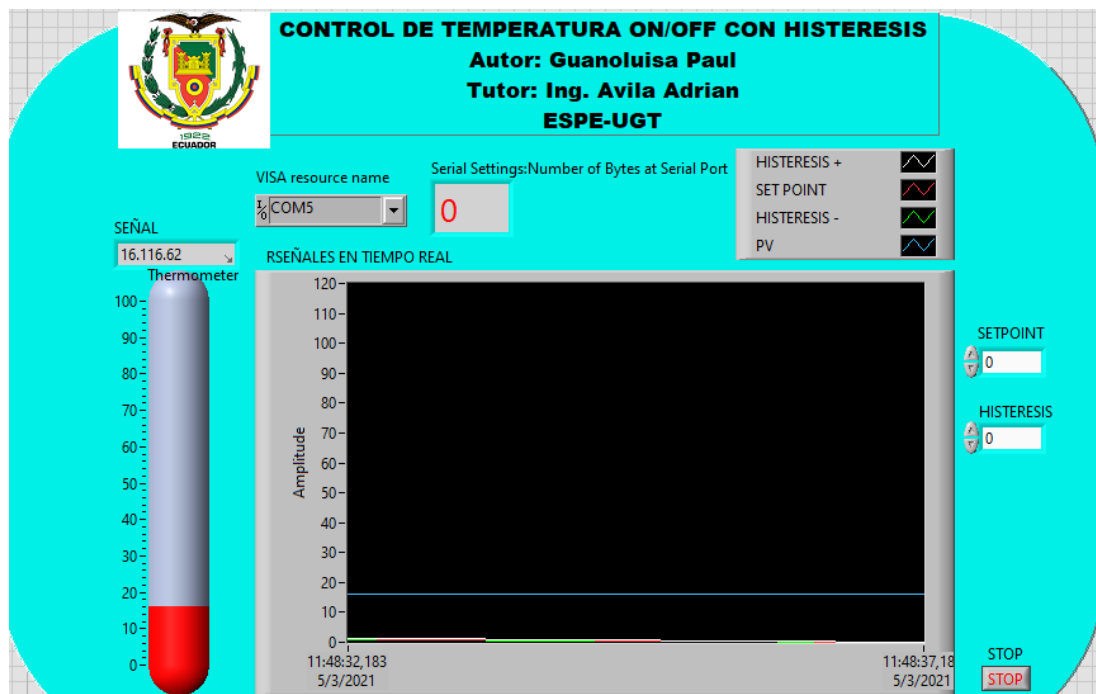
- Como siguiente punto tenemos que dar click derecho en la pantalla seleccionar “Graph” y seleccionamos “Waveform Chart”

Figura 32*Graficas*

- Con todos los iconos que se necesita en la pantalla principal se procede a realizar el panel frontal el cual servita para visualizar y controlar la temperatura.

Figura 33

Panel Frontal

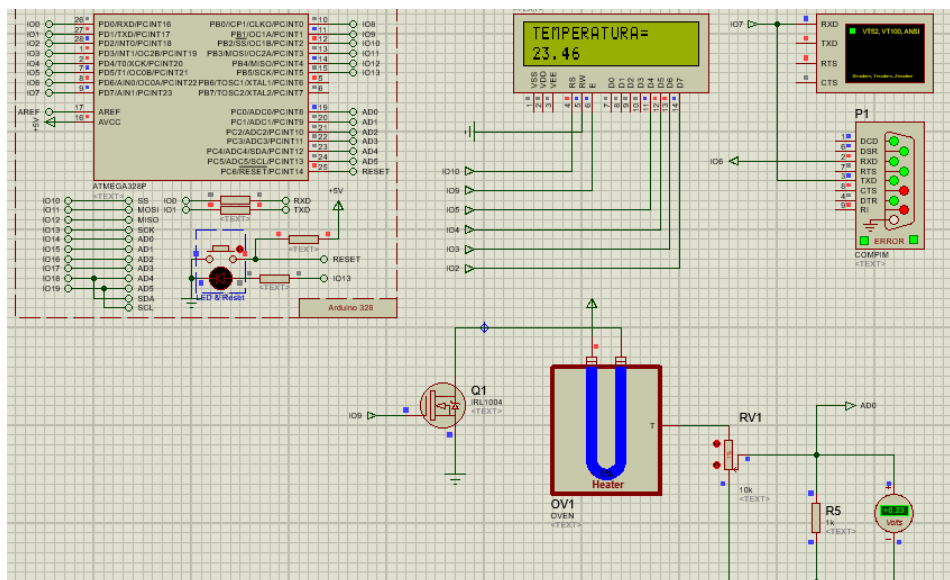


3.7. Verificar el funcionamiento del programa en simulación

Se procede a cargar la tarjeta de adquisición de datos en la simulación para comprobar el funcionamiento del control. Pues la simulación consta de todos los parámetros necesarios para realizar la comunicación y el control de temperatura que se desarrollará.

Figura 34

Simulación del Control de Temperatura



3.8. Adquirir los materiales

Para poder realizar la maqueta de interpretación del control ON/OFF se procede a adquirir materiales que se detallan a continuación:

- Arduino Uno
- Niquelina
- Sensor de Temperatura
- Relé de estado solido
- Lcd 16x2
- Potenciómetros
- Resistencias
- Transistor 2N3904

3.9. Elaboración de la estación de temperatura

3.9.1. Sujetar la Tarjeta de adquisición

En este punto se procede a colocar la Tarjeta de adquisición de datos sujeta a una base de acrílico previamente elaborada con ayuda de un taladro se perfora para ubicar y sujetar a la Arduino Uno.

Figura 35

Tarjeta de adquisición de datos

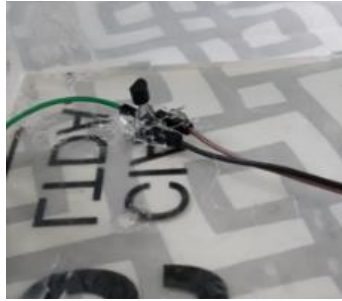


3.9.2. Colocar el sensor

En este punto procedemos a ubicar el sensor el cual detectara la temperatura que emite la niquelina y enviara datos a la tarjeta de adquisición.

Figura 36

Sensor de Temperatura LM35

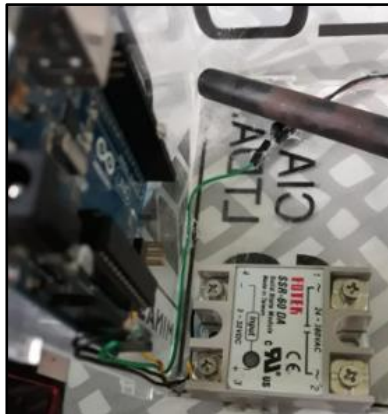


3.9.3. Colocar el Relé de esta sólido

Procedemos a colocar el Relé de estado sólido bajo la tarjeta de adquisición, el Relé actúa en este proceso como activador de la niquelina.

Figura 37

Relé de estado sólido



3.9.4. Conectar la niquelina al Relé

En este punto se procede a ubicar la niquelina junto al sensor y a conectar los elementos ubicados dentro de la base los cuales serían el Relé a la tarjeta de adquisición, la niquelina al Relé y el sensor directamente al pin de entrada analógica del Arduino.

Figura 38

Conexiones

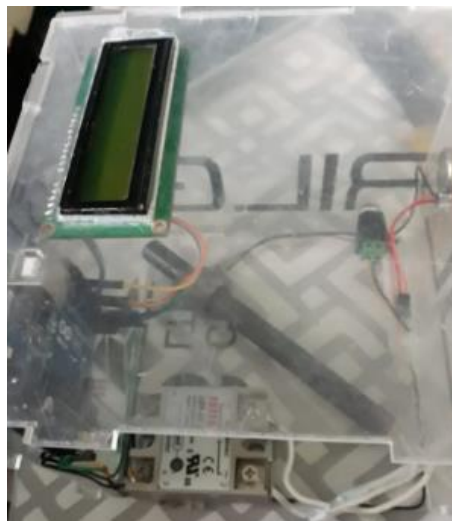


3.9.5. Conectar la LCD 16x2

En este último punto de elaborar la maqueta se procede a colocar el Display que mostrara la temperatura que lee el sensor y el mismo que será enviado por el puerto serial hacia el software Labview.

Figura 39

Conexión LCD



3.10. Cargar el programa a la tarjeta de Adquisición de Datos

Con la maqueta realizada se procede a cargar el código programado a la Tarjeta de adquisición de Datos (Arduino 1), para lo cual conectamos el Arduino y enviamos mediante el cable de conexión las instrucciones que va a cumplir.

Figura 40

Cargar Programa



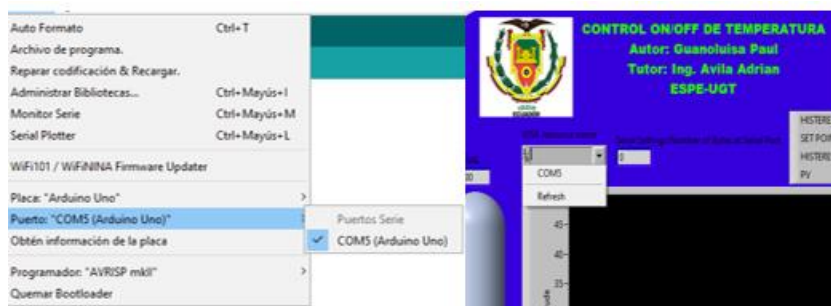
```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 10, en = 9, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
float dato;
float voltaje;
float temp;
char var;
int LED=7;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  digitalWrite(LED, LOW);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print( "--ESPE-UGT--");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print( "PAUL GUANOLUISA");
  delay(3000);
}
void loop() {
  dato=analogRead(A0);
  voltaje=(5*dato)/1023;
  temp=100*voltaje;
  delay(500);
  Serial.println(temp);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print( "TEMPERATURA=");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print( temp );
  delay(500);
  var=Serial.read();
  if (var=='a')
  {
    digitalWrite(LED, HIGH);
    delay(10);}
  if (var=='c')
```

3.11. Selección de puerto

En este punto se verifica en que puerto está conectado el Arduino para poder seleccionar en el panel frontal de Labview. Para poder empezar la comunicación entre el Arduino y Labview y realizar el control.

Figura 41

Verificar los puertos

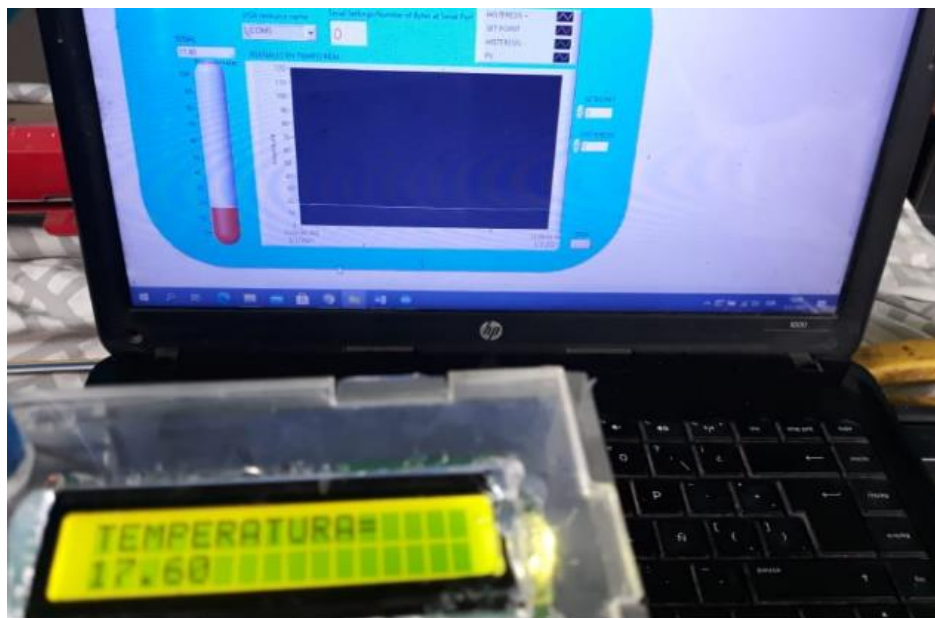


3.12. Prueba de funcionamiento

Abrir el software Labview para iniciar el programa para constatar el funcionamiento de la comunicación entre el Arduino y Labview. Y verificar si el Arduino envía datos que se visualicen en la gráfica del HMI.

Figura 42

Verificación de la comunicación

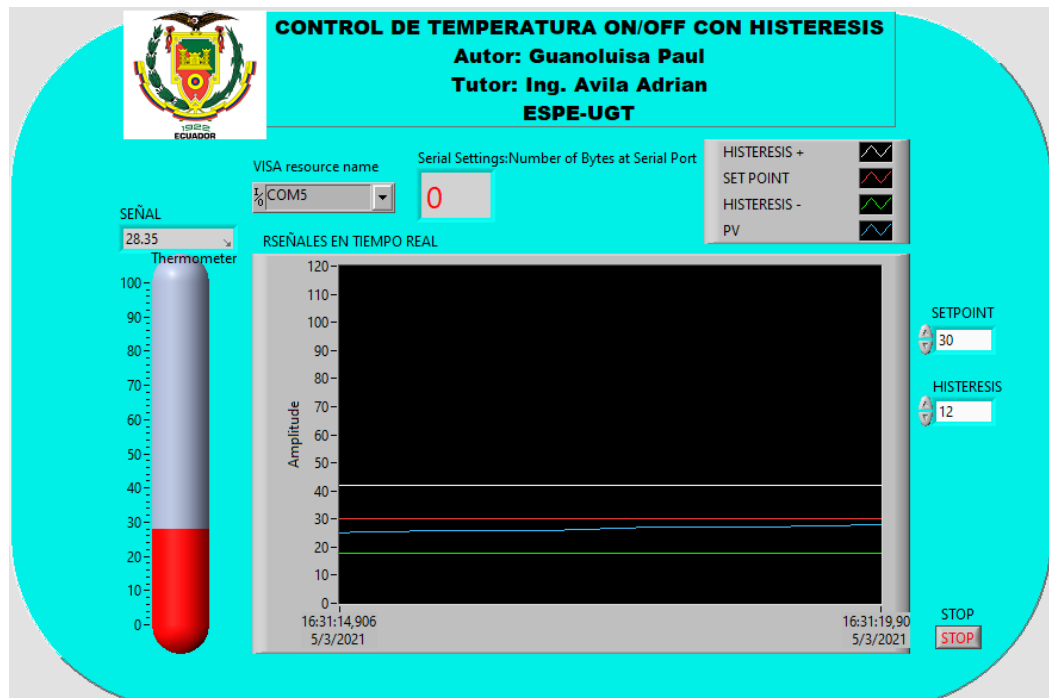


3.13. Visualización de la señal obtenida

Una vez iniciado el proceso se procede a manipular el Set Point y la Histéresis para poder observar en pantalla los cambios de variación de la señal de temperatura que serán graficados por la variable de proceso (PV).

Figura 43

Señal de las variables



CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se implementó un prototipo aplicando un control ON/OFF de temperatura con Histéresis. Debido a que el Control por Ciclo Integral planteado no fue posible realizarlo por la dificultad encontrada al adquirir los materiales necesarios, el cual ayuda a mantener estable la temperatura en su propio rango de trabajo.
- En base a lo investigado se concluye que el mejor control para temperatura es el control PI y no un control ON/OFF, la temperatura tiene un tiempo de respuesta muy lento y por ende se genera muchas perturbaciones y desgaste en el actuador.
- El HMI se desarrolló en el software Labview, refleja la señal que se obtiene del Arduino la cual es adquirida del sensor de temperatura. Cabe mencionar que Labview y Arduino no son interconectables de forma directa por lo que se utilizó el NI-VISA.
- Al incorporar una Histéresis al control ON/OFF ayuda a prolongar la vida útil del actuador, debido a que se crea un retardo en el cambio de señal y esto reduce las conmutaciones no deseadas del Relé.

4.2. Recomendaciones

- Para poder realizar un Control por Ciclo Integral es necesario adquirir un Relé de estado Solido analógico el cual es difícil de adquirir en estos momentos por las escasas importaciones debido a la emergencia sanitaria mundial
- Al iniciar la comunicación se recomienda verificar que los puertos usados sean los indicados y que se esté recibiendo tanto los datos del sensor como de cada uno de los parámetros configurados en el HMI.
- Realizar el mayor número de pruebas que sean necesarias para poder detectar posibles errores y con ello verificar el correcto funcionamiento del control a implementar.

5. Bibliografía

Arduino. (s.f.). Recuperado el 19 de Febrero de 2021, de <https://www.arduino.cc/>

Ballester, E., & Pique, R. (2012). *Electrónica de Potencia*. España: Alfaomega.

Recuperado el 24 de Febrero de 2021

Carner, J. (2016). *WIKA*. BARCELONA ESPAÑA: SABADELL. Recuperado el 22 de

Febrero de 2021

CREUS, A. (2010). *INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL*. ESPAÑA: MARCOMBO S.A.

Recuperado el 22 de Febrero de 2021

Cusido, A. R. (2014). *Control automático de procesos industriales*. Díaz de Santos 2014.

dademuchconnection. (14 de Julio de 2019). Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de

<https://dademuch.com/2019/06/14/controlador-pi-proporcional-integral-sistemas-de-control/>

DeweSoft. (09 de MARZO de 2020). Recuperado el 19 de Febrero de 2021, de

<https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor>

ECURED. (Noviembre de 2019). Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de

https://www.ecured.cu/Control_proporcional

Grimaney, J. C. (2011). *CONTROLES ELÉCTRICOS Y AUTOMATIZACIÓN*. PERU.

Guanoluisa, P. (18 de Febrero de 2021). Ecuador.

Gutiérrez, & Iturralde. (2017). *FUNDAMENTOS BÁSICOS DE INSTRUMENTACIÓN Y*

CONTROL. UPSE.

(2015). *Instrumentación Y Control*. BARCELONA-ESPAÑA: VAM INDUSTRY.

Recuperado el 11 de Febrero de 2021

Instruments, N. (2019). *National Instruments*. Obtenido de [https://www.ni.com/es-](https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html)

[cr/shop/labview.html](https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html)

LÓPEZ, M. (16 de Julio de 2020). *WOpenWebinars*. Obtenido de

<https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de->

programacion/#:~:text=Existen%20docenas%20de%20lenguajes%20de,y%20Python%2C%20por%20mencionar%20algunos.

Lozano, & Zamora. (2008). *TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN*. CARTAGENA DE INDIA.

Luis, M. G. (20 de Febrero de 2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1687/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-19.pdf>

Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización / PLC and Automation Systems*. España: Printed in Spain.

Marmolejo, R. E. (s.f.). *HETPRO*. Recuperado el 20 de Febrero de 2021, de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>

MediaFire. (2016). Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/sistema-de-control-manual>

NAYLAMP MECHATRONICS. (marzo de 2020). Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/234-sensor-de-temperatura-analogico-lm35.html>

Omega. (2017). Recuperado el 25 de Febrero de 2021, de <https://mx.omega.com/prodinfo/control-de-temperatura.html>

Pérez, M., Hidalgo, A., & Pérez, E. (s.f.). Recuperado el 11 de Febrero de 2021, de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>

Pinteres. (2020). Recuperado el 24 de Febrero de 2021, de <https://www.pinterest.com/pin/507077239278761963/>

PRADA, C. (2016). *INSTRUMENTACIÓN PARA CONTROL DE PROCESOS*. VALLADOLID: ISA.

Prolyt. (2016). Recuperado el 27 de Febrero de 2021, de <https://www.prolyt.com/factor-de-potencia/>

Prototipadolab. (25 de JULIO de 2017). Recuperado el 12 de Febrero de 2021, de <http://paolaguimerans.com/openeart/category/sensores-actuadores/>

Quispe, J. S. (2017). *Diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulacion de ancho de pulso usando un PLC DE ALTA GAMA*. PERU.

Reguladores de Corriente. (2016). Recuperado el 27 de Febrero de 2021, de <https://www.slideserve.com/nedaa/reguladores-de-corriente-alterna-conversores-ac-ac>

RODAmovimiento. (s.f.). Recuperado el 13 de Febrero de 2021, de <http://www.rodamovimiento.com/index.php/nuestros-servicios/10-servicio-3>

RUFINO, M. (11 de Julio de 2020). *Conceptode*. Obtenido de <https://concepto.de/lenguaje-de-programacion/>

Segarra, X. A. (Abril de 2015). *Diseño e implementacion de un sistema de control y supervicion HMI para maquina barnizadora de la empresa el telegrafo*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10403/1/UPS-GT001448.pdf>

TeiiMX. (s.f.). Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de <https://teii.mx/sonda-pt100-3-hilos/>

Todoproductividad. (24 de AGOSTO de 2012). Recuperado el 21 de Febrero de 2021, de <http://todoproductividad.blogspot.com/2012/08/control-proporcional-integral-derivativo.html>

UdeSantiagoVirtual. (Marzo de 2017). Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <http://www.udesantiagovirtual.cl/moodle2/mod/book/view.php?id=34408&chapterid=362>

VILCHIS, O. B. (2009). *TESIS AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*.

VILLAJULCA, J. C. (Enero de 2018). *INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.NET*.

Recuperado el 14 de Febrero de 2021, de
<https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>

VITC. (12 de Julio de 2019). Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de

<https://vestertraining.com/automatizacion-industrial-que-es-como-funciona/>

Xalaca. (3 de Agosto de 2020). Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de

<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

6. Anexos