



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

**Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera
industrial utilizando sistemas embebidos.**

AUTOR:

Chuchuca Martínez, Víctor Rafael

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Msc.

Guayaquil, Ecuador

20 de Marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**.

TUTOR

f. _____

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Msc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, Msc.

Guayaquil, a los 20 días del mes de Marzo del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos.**”, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de Marzo del año 2019

EL AUTOR:

f. _____
Chuchuca Martínez, Víctor Rafael



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de Marzo del año 2019

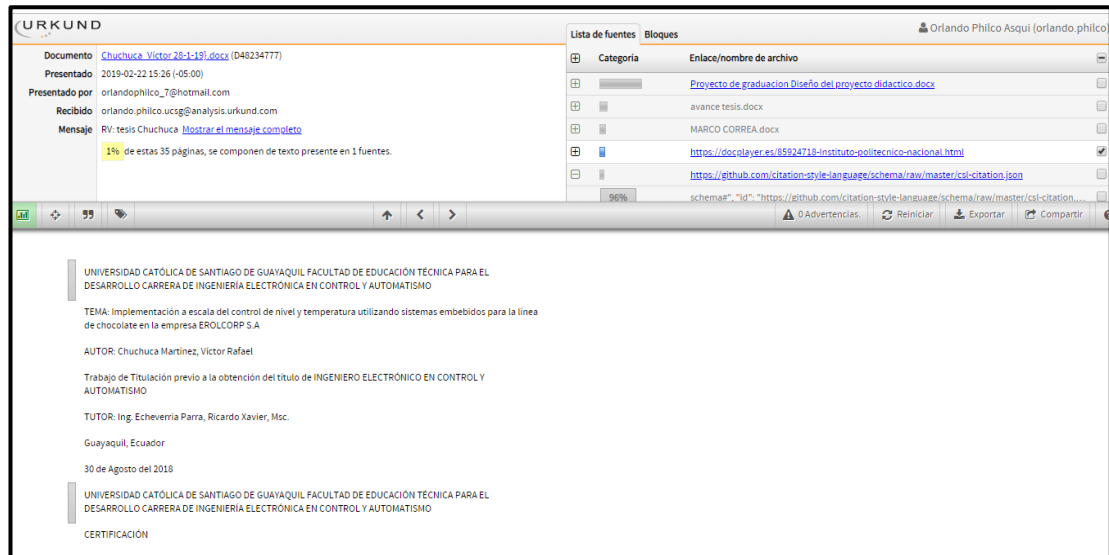
EL AUTOR:

f. _____
Chuchuca Martínez, Víctor Rafael

REPORTE URKUND

TÍTULO: “Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos.”

AUTOR: Chuchuca Martínez, Víctor Rafael.



The screenshot displays the URKUND software interface. On the left, a sidebar shows document details: 'Documento: Chuchuca_Victor_28-1-191.docx (D48234777)', 'Presentado: 2019-02-22 15:26 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Rv: tesis Chuchuca [Mostrar el mensaje completo](#) 1% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' The main area is divided into 'Lista de fuentes' and 'Bloques'. The 'Lista de fuentes' table lists sources with columns for 'Categoria' and 'Enlace/nombre de archivo'. The 'Bloques' section shows a large block of text with a 96% match rate. The text content includes: 'UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO', 'TEMA: Implementación a escala del control de nivel y temperatura utilizando sistemas embebidos para la línea de chocolate en la empresa EROLCORP S.A', 'AUTOR: Chuchuca Martínez, Víctor Rafael', 'Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO', 'TUTOR: Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier, Msc.', 'Guayaquil, Ecuador', '30 de Agosto del 2018', and 'CERTIFICACIÓN'.

Reporte Urkund del trabajo de titulación en ingeniería Electrónica en control y automatismo denominado: **Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos** del estudiante **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael** está al 1% de coincidencias. Atentamente.

MSc. Orlando Philco Asqui

Revisor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la convicción para alcanzar lo que me propongo.

A dos grandes seres quienes me han forjado de valores y principios para ser una persona integral. Los que han velado siempre por mi salud, educación, alimentación; entre otras cosas. Personas de las cuales me siento inmensamente orgulloso. Ellos son mis queridos padres, Victoriano y Nelly.

Gracias amados padres por su amor incondicional, por su esfuerzo y sacrificio que ha representado esta etapa académica para mi formación profesional.

A mis queridos hermanos Angela y Andrés, quienes me apoyaron en buenos y malos momentos, pero sobre todo por generar grandes lotes de felicidad.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y toda mi carrera universitaria a Dios por iluminarme en cada momento con su infinita sabiduría. A mis queridos padres, quienes con su entrega y sacrificio hicieron posible este logro.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, MSC.
DECANO

f. _____

ING. PALACIOS MELENDEZ, EDWIN FERNANDO, MSC.
COORDINADOR DE AREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. VEGA URETA, NINO TELLO, MSC.
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación	3
1.3. Delimitación	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos.	4
1.6. Hipótesis	5
1.7. Metodología de la Investigación.	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Fabricación del chocolate	6
2.2. Proceso de mezcla	6
2.3. Proceso de conchado	7
2.4. La Automatización	8
2.5. Generalidades de la Automatización.....	9
2.6. Tecnologías de la automatización	9
2.3.1. Técnicas cableadas	9
2.3.1.1. Tecnología neumática	10
2.3.1.2. Tecnología hidráulica.....	10
3.3.4.1. Tecnología eléctrica	11
2.3.1.2. Tecnología electrónica.....	11
2.3.2. Técnicas programadas.....	11
2.3.2.1. Autómata programable industrial	12

2.3.2.2. Ordenador (PC industrial).....	12
2.3.2.3. Microcontrolador	12
2.7. Descripción tecnológica del automatismo.....	13
2.4.1. Sensores	13
2.4.1.1. Detectores de proximidad.....	14
2.4.1.2. Captadores o transductores	16
2.4.2. Actuadores	19
2.4.3. Preactuadores.....	24
2.8. Sistemas de control automático	25
2.9. Sistema controlado	26
2.10. Lazo de control.....	26
2.7.1. Control en lazo abierto	26
2.7.2. Control en lazo cerrado.....	27
2.8. Unidades individuales, funciones y capacidades	27
2.8.2. Autómatas programables	27
2.8.2.1. PLC's arquitectura y componentes.....	28
2.8.2.2. Procesador	28
2.9. Método y componentes	30
2.9.1. Sistemas embebidos	30
2.9.1.1. Aplicaciones.....	30
2.9.2. LattePanda	31
2.9.3. Arduino Leonardo.....	32
2.9.4. Software	33
2.9.4.1. LabVIEW	33
2.9.5. Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID.....	34
2.9.6. Puente H (VNH2SP30 Motor Driver)	35

2.9.7. Tarjeta Relé de 1 Canal	35
2.9.8. Sensor de temperatura LM35.....	36
2.9.9. Sensor ultrasónico	36
CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	37
3.1. Introducción.....	37
3.2. Funcionamiento de la planta	37
3.3. Diseño del hardware y estructura de los tanques reservorios	38
3.3.1. Fabricación de tanques y estructura	39
3.3.2. Selección de materiales	40
3.3.3. Construcción de tanques reservorios	41
3.3.4. Montaje de elementos	43
3.3.4.1. Unión de tapas cónicas para tanques	43
3.3.4.2. Instalacion de soportes para tanques	43
3.3.4.3. Tuberías y codos para llenado de tanques	44
3.3.5. Abrillantamiento de tanques.....	45
3.3.2. Colocación de visor al tanque de procesos	45
3.4. Diseño de Control	46
3.4.1. Desarrollo del software en LabVIEW	49
3.4.2. Análisis de resultados.....	64
3.4.3. Pruebas y configuración del PID.....	65
3.4.4. Resultados	68
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
4.1. Conclusiones.....	69
4.2. Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Figura 2. 1. Máquina de rodillos (Mélangeur)	6
Figura 2. 2. Máquina para proceso de conchado (Conchas).	7
Figura 2. 3. Sistema de Control.	8
Figura 2. 4. Tecnologías empleadas en la automatización.	9
Figura 2. 5. Preparación del aire.	10
Figura 2. 6. Circuito típico de un pistón dentro del cilindro en un sistema hidráulico. LVDT (Linear Variable Differential Transformer) es un captador lineal de desplazamiento.	10
Figura 2. 7. Relación entre electrónica de potencia, potencia, electrónica y control.	11
Figura 2. 8. Izquierda: automatización de un proceso de forma cableada. Derecha: Solución con autómeta.	12
Figura 2. 9. Campos de aplicación de los microcontroladores.	12
Figura 2. 10. La corriente eléctrica y la presión neumática son los medios más comunes de transmisión de la información en el ambiente industrial.	13
Figura 2. 11. Finales de carrera con diferentes elementos de mando, de Schneider Electric.	14
Figura 2. 12. Partes de un sensor inductivo.	15
Figura 2. 13. Sensores de proximidad capacitivos.	15
Figura 2. 14. Ejemplo de detección de líquidos estableciendo dos niveles (máximo y mínimo).	16
Figura 2. 15. Control de capacidad mediante sensor de ultrasonidos.	16
Figura 2. 16. a) Termopar simple-terminales de alambre de cobre; b) Termopar simple-terminales de alambre de Constantán; c) Termopila (de cuatro etapas).	17
Figura 2. 17. Área de detección de un sensor de ultrasonidos.	18
Figura 2. 18. Sonda PT100.	18
Figura 2. 19. Clasificación de los actuadores.	19

Figura 2. 20. Cilindro neumático de simple efecto, doble efecto, guiado, impacto y rotación.....	20
Figura 2. 21. Cilindro hidráulico simple efecto.	21
Figura 2. 22. Cilindro hidráulico de doble efecto.	21
Figura 2. 23. Representación de una máquina C.C.....	22
Figura 2. 24. Partes de un motor Asíncrono.	23
Figura 2. 25. El contactor mostrado internamente.	24
Figura 2. 26. Sistema de control.	25
Figura 2. 27. Sistema en lazo abierto	26
Figura 2. 28. Control manual en lazo cerrado.....	27
Figura 2. 29. Mitsubishi compact PLC.....	27
Figura 2. 30. PLC architecture.....	28
Figura 2. 31. Sistema PLC.....	28
Figura 2. 32. PLC - Unidad de procesador.....	29
Figura 2. 33. Componentes de los Sistemas Embebidos.	30
Figura 2. 34. Partes fundamentales de LattePanda.....	31
Figura 2. 35. Partes principales del Arduino Leonardo.....	32
Figura 2. 36. Panel frontal y Diagrama de bloques.....	33
Figura 2. 37. Curva de respuesta en forma de S.....	34
Figura 2. 38. Metodo Ziegler-Nichols para sintonización de parámetros (PID).	34
Figura 2. 39. VNH2SP30 Motor driver.....	35
Figura 2. 40. Módulo Relay 1CH 5VDC.....	35
Figura 2. 41. Sensor de temperatura.....	36
Figura 2. 42. Sensor Ultrasónico.....	36

CAPITULO III

Figura 3. 1. Diagrama de bloques del Sistema.....	38
Figura 3. 2. Diseño Estructural de la maqueta.....	39
Figura 3. 3. Base metálica.....	41
Figura 3. 4. Plancha enrolada de 30cm. x 20diam.....	41
Figura 3. 5. Soldadura de tanques.....	42
Figura 3. 6. Fabricación de tapas para tanques.....	42
Figura 3. 7. Moldeado cónico para tapa de tanque.....	42

Figura 3. 8. Fijación de tapas cónicas para tanques.....	43
Figura 3. 9. Soldadura de soporte para tanques.....	43
Figura 3. 10. Instalación de los tanques a la base metálica.....	44
Figura 3. 11. Ubicación de tanques	44
Figura 3. 12. Fijación de tubería a tanque de proceso.....	44
Figura 3. 13. Proceso de pulida de tanques	45
Figura 3. 14. Instalación de visor al tanque de proceso.....	45
Figura 3. 15. Circuito de Control y accionamiento de la planta.....	47
Figura 3. 16. Tarjeta Controladora de motor CC VNH2PS30	48
Figura 3.17. Tarjeta Relé de 1 canal.....	48
Figura 3. 18. Embebido LattePanda	48
Figura 3. 19. Sensor ultrasónico	48
Figura 3. 20. Sensor de Temperatura LM35.....	49
Figura 3. 21. Generar librerías.....	49
Figura 3. 22. Compilar para generar librerías.....	50
Figura 3. 23. Librería Linx en Arduino.....	50
Figura 3. 24. Cargar librerías en el atmega32a.....	51
Figura 3. 25. Herramienta LINX.....	51
Figura 3. 26. Herramienta para abrir conexión entre LabVIEW y atmega32.....	51
Figura 3. 27. Herramientas Linx sensor	52
Figura 3. 28. Herramientas Distancia en Linx	52
Figura 3. 29. Herramientas Ultrasonido en Linx.....	53
Figura 3. 30. Configuración del sensor	53
Figura 3. 31. Configuración del puerto de comunicación.....	53
Figura 3. 32. Creación de variable de almacenamiento para distancia.....	53
Figura 3. 33. Bloque de repetición	54
Figura 3. 34. Configuración de paro de sistema	54
Figura 3. 35. Creación de bloque de cierre de conexión.....	54
Figura 3. 36. Configuración de registro de desplazamiento.....	55
Figura 3. 37. Creación del bloque PID para control de nivel.....	55
Figura 3. 38. Conexión de la variable de temperatura con el bloque PID	55
Figura 3. 39. Configuración de las ganancias del bloque PID	56
Figura 3. 40. Configuración del punto de referencia para el PID	56
Figura 3. 41. Creación del pin digital para encendido y apagado	57

Figura 3. 42. Conexión entre LattePanda y driver VNH2P30.....	57
Figura 3. 43. Creación de pin digital como escritura	58
Figura 3. 44. Creación de pines de control	58
Figura 3. 45. Creación de bloque Pwm	58
Figura 3. 46. Conexión del bloque Pwm	59
Figura 3. 47. Conexión entre LattePanda y relé	59
Figura 3. 48. Creación del control del relé.	60
Figura 3. 49. Creación de la lectura del lm35	60
Figura 3. 50. Control de la temperatura	60
Figura 3. 51. Interfaz del sistema.....	61
Figura 3. 52. Interfaz del Vi con pantallas.....	61
Figura 3. 53. Diagrama de control Vi	62
Figura 3. 54. Visualización del tiempo y temperatura del producto.....	62
Figura 3. 55. Gráfica de nivel.....	62
Figura 3. 56. Grafica de la pantalla de configuración del PID	63
Figura 3. 57. Funcionamiento de la planta.....	63
Figura 3. 58. 1. Tarjeta Lattepanda, 2. Convertidor HDMI-VGA, 3. Puerto USB para mouse y teclado, 4. Puente H, 5. Relé, 6. Puerto de conexión del monitor-HDMI, 7. Fuente de alimentación.....	64
Figura 3. 59. 1. Termoresistencia, 2. Sensor Ultrasónico	64
Figura 3. 60. Parámetros iniciales.....	65
Figura 3. 61. Visualización de los tanques en estado inicial.	65
Figura 3. 62. Valores de referencia PID.....	66
Figura 3. 63. Gráfica del controlador PID.....	66
Figura 3. 64. Configuración eficiente del PID.....	67
Figura 3. 65. Graficas del controlador PID	67

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO III

Tabla 3. 1. Lista de Materiales	40
Tabla 3. 2. Conexión entre lattepanda y driver VNH2P30	57
Tabla 3. 3. Conexión entre lattepanda y relé	59
Tabla 3. 4. Conexión entre lattepanda y relé	60

RESUMEN

Uno de los requerimientos para la elaboración del chocolate es el tiempo de calentamiento y abastecimiento de materia prima en las máquinas de trabajo, para la verificación de estos parámetros el operario usualmente toma muestra manual de la temperatura del producto y de forma visual el abastecimiento del chocolate. El proceso involucra tiempo empleado hasta antes de poner en marcha la máquina, un alto costo de sobretiempo, por lo que conlleva ofrecer una mejoría en el proceso e implementación. El presente trabajo de titulación se diseña un sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial, utilizando sistemas embebidos mediante una tarjeta de control. A través de una maqueta del proceso se diseñará de manera didáctica la automatización usando una programación e interfaz fácil para el usuario, también permitirá experimentar y analizar la eficiencia con la que trabaja la planta a tiempo real. Para lo expuesto anteriormente, se utiliza la metodología de investigación documental en la cual se realiza la búsqueda actualizada de información en diferentes fuentes como artículos, revistas, informes, trabajos de tesis anteriores con referencia a los componentes electrónicos y variables que involucran al proceso de implementación. Experimental comprobando la eficiencia de este tipo de controladores realizando pruebas durante el proceso y descriptiva para el estudio de las variables que intervienen en el sistema. Se concluye en la adaptabilidad y eficiencia de control que tienen los sistemas embebidos para un uso industrial.

Palabras claves: Sistemas embebidos, Microcontroladores, Automatización industrial, Periféricos, Tarjeta de relé, Sensor ultrasónico hc-sr04.

ABSTRACT

One of the requirements for making chocolate is the heating time and raw material supply to the working machines, for checking these parameters the operator usually takes manual shows the product temperature and visually providing the chocolate. The process involves time spent even before starting the machine, a high cost of overtime, so entails providing an improvement in the process and implementation. This work titling a control system for temperature and level of an industrial chocolate line is designed, using embedded systems via a control card. Through a model of the process is designed so didactical automation programming and using a user-interface, also it allows experiment and analyze the efficiency with which the plant works in real time. For the above, the methodology of documentary research in which the updated information on different sources such as articles, journals, reports, papers from previous thesis with reference to the electronic components and variables involving the process search is performed using of implementation. Experimental testing the efficiency of this type of conducting tests during the process and descriptive for the study of the variables involved in the system drivers. It is concluded on the adaptability and efficiency control with embedded systems for industrial use.

Keywords: Embedded systems, Microcontrollers, Industrial automation, Peripherals, Relay card, Ultrasonic sensor hc-sr04.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la fabricación del chocolate fue durante más de cien años una industria tradicional gobernado por artesanos que desarrollaron diversos métodos de trabajo por procesos. Debido a crecientes demandas económicas para mayores rendimientos y menos trabajo, la fabricación industrial del chocolate se ha vuelto cada vez más mecanizado.

La combinación de nuevos sensores, dispositivos de control, análisis de datos, computación en la nube e IOT está proporcionando cada vez más máquinas inteligentes y sistemas de fabricación flexibles. Los sistemas inteligentes pueden eliminar casi por completo los errores en algunos procesos de producción, esto se debe a que los sensores permiten controlar cada elemento en lugar de tener que probar los errores de manera manual en muestras extraídas físicamente.

Las nuevas generaciones donde los sistemas inteligentes son placas electrónicas, que permiten el procesamiento y control de los diversos actuadores y sensores que conforman el proceso, por el cual, una parte fundamental de un sistema automatizado es la programación, lo hace imprescindible a la innovación. Existen diversos tipos de control, PLC's industriales, sistemas de control distribuido (DCS), sistemas embebidos o empotrados, etc.

Un sistema embebido es casi cualquier sistema informático que no sea una computadora de escritorio. Estos sistemas empotrados son diseñados para realizar la función deseada, repetidamente. Procesan información de uso específico integrado en un diferente sistema de mayor magnitud y robustez, constituidos por elementos de hardware y software.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

La elaboración del chocolate requiere de un control preciso de sus variables para obtener un producto de calidad. Al no tener un buen proceso de fabricación representa un alto costo de los diferentes recursos empleados y posibles accidentes al no tener un buen manejo de sus variables. Por lo tanto, el objeto del presente trabajo es el diseño e implementación a escala del control de nivel y temperatura utilizando sistemas embebidos para la línea de chocolate.

1.2. Justificación

En la actualidad existe una nueva generación que involucra a la Internet, sensores y sistemas embebidos, que están dando paso a nuevas oportunidades de unir el trabajo monótono, mental, físico y mecánico.

La implementación de un sistema embebido para el control de un proceso contribuye con un significativo aporte en la industria, siendo una tecnología de innovación, además; con este diseño se optimizará los recursos, mejorando las características, procedimiento, calidad del producto, disminuyendo el nivel de riesgo de accidentes por quemaduras en el área de trabajo, así como también reduciendo el tiempo y dinero en su fabricación aplicando nuevas tecnologías para el control y automatización, con un alto grado de efectividad y a un bajo costo. También servirá para el estudio de forma didáctica y física con respecto a los sistemas embebidos.

Lo expuesto a lo anterior, debido a lo importante que requiere tener el control sobre las variables utilizadas para la fabricación del chocolate y al alto costo que requiere en poder automatizar un proceso, se plantea el sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos, con menor complejidad de programación, amigable con el usuario y de bajo costo, favoreciendo de esta manera al sector industrial como también académicamente para el estudio de este tipo de control.

1.3. Delimitación

En la industria alimenticia los parámetros de calidad durante la elaboración de un producto deben de ser controlados bajo los requerimientos y necesidades del cliente, por esta razón, van de la mano con la efectividad del proceso, esto implica la supervisión de las variables del sistema.

La utilización de nuevas tecnologías, como la tarjeta embebida de marca LattePanda y demás componentes ayudan al control y automatización en la fabricación del producto. Por ello, el presente trabajo tuvo una orientación hacia el área de automatización industrial en el cual se diseñó una maqueta a escala del proceso para la elaboración del chocolate.

Hoy en día se trabaja de forma manual, tomando muestras de temperatura con termómetro digital y visualización del nivel, en el tanque reservorio de forma visual. Usando este tipo de tecnología, como son los sistemas embebidos, va enfocado a la aplicación para el control de nivel y temperatura por el cual trabajará con una tarjeta microcontroladora con una interfaz donde se podrá monitorear el estado de la planta a tiempo real.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Controlar las variables de nivel y temperatura en una maqueta a escala del proceso de fabricación del chocolate mediante una tarjeta de control LattePanda y componentes de bajo costo en el empleo de sistemas embebidos.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- ❖ Describir la teoría de control y elementos que involucre el proceso de la automatización.
- ❖ Diseñar un modelo simplificado y didáctico del proceso de fabricación del chocolate empleando sistemas embebidos.
- ❖ Elaborar la programación para el control de nivel y temperatura de la planta utilizando sistemas embebidos.

1.6. Hipótesis

La implementación de este sistema ofrecerá una mejora y optimización al proceso que actualmente se ejecuta en la elaboración del chocolate, disponiendo así de un proceso con mayor control de sus variables, reducción de errores, menor costo de fabricación y productos de alta calidad.

De esta forma, se propone la siguiente hipótesis:

La implementación de este trabajo simplificará procesos, reducirá costos, ofrecerá productos de alta calidad, trabajando con nuevos y avanzados sistemas de control para las industrias.

1.7. Metodología de la Investigación.

El estudio y la implementación de nuevas tecnologías que puedan beneficiar a diversas áreas como lo son las industrias, las universidades, etc. Donde el conocimiento y la información forma parte fundamental del desarrollo de la productividad de un país y el avance tecnológico.

Para la realización de este trabajo de implementación se utilizaron tres metodologías de investigación: Documental, experimental y descriptiva.

La investigación de forma documental es por la cual se utiliza la recopilación de diversos medios de información como: artículos, tesis, investigaciones reconocidas, revistas científicas, relacionadas con la implementación de los sistemas embebidos en el área de las industrias. La investigación documental se encuentra en diversas observaciones o datos, contenidas en escritos de diversos tipos. (Suck & Rivas-Torres, 1995, p. 49).

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. (Paz, 2014, p. 14).

La investigación descriptiva es una forma de estudio que ayuda a tener una idea de cómo y por qué el propósito de esta implementación, su comportamiento con las demás variables y eficiencia. (Taucher, 1997, p. 21).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Fabricación del chocolate

Para la elaboración del chocolate se necesita una mezcla de cacao o polvo de cacao, manteca y azúcar. Después, según el producto que se quiera obtener, se añadirán otros ingredientes como leche, almendras, avellanas, frutas, etc. (Sevilla, 2007, p. 50).

2.2. Proceso de mezcla

La mezcla puede incluir algo de molienda, y tradicionalmente se empleó una sartén Mélangeur como se observa en la Figura 2. 1 para este propósito. Esta máquina tiene una bandeja giratoria, a menudo con una cama de granito, sobre la cual giran dos rodillos de granito. (Beckett, 2012, p. 6).

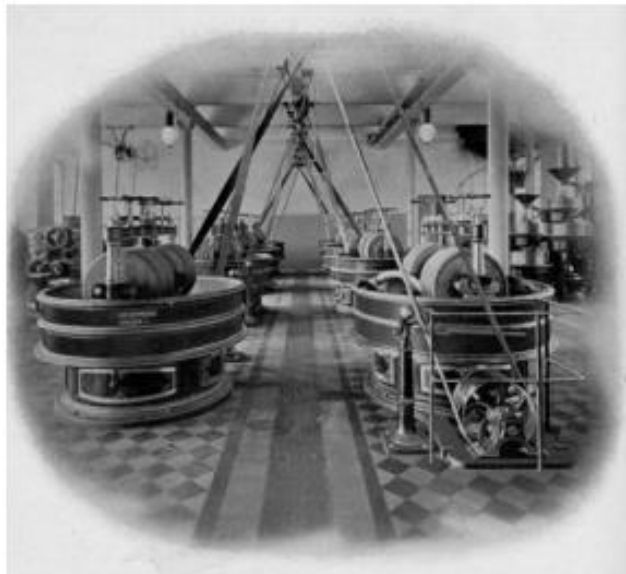


Figura 2. 1. Máquina de rodillos (Mélangeur)
Fuente: (Grivetti & Shapiro, 2011, p. 613).

El requisito moderno de métodos de alto rendimiento ha llevado a que la mezcla y la molienda se realicen por separado. Probablemente el más usado, es mezclar los ingredientes iniciales en una pasta y luego molerlos en un refinador de dos rodillos. Esto proporciona una cantidad suficiente de trituración para proporcionar un tamaño de partícula y una consistencia adecuada. (Beckett, 2012, p. 6).

2.3. Proceso de conchado

En las máquinas denominadas conchas como se indica en la Figura 2. 2, se calientan normalmente entre 1.000 a 6.000 kg de masa de chocolate. Durante este proceso se agita y amasa la pasta de cacao con potentes agitadores mecánicos, con objeto de obtener las propiedades necesarias. En esta fase se producen las reacciones de caramelización, evaporándose la humedad y eliminando los ácidos volátiles que queden en el chocolate excluyendo así los sabores indeseados y obteniendo una emulsión perfecta. (Sevilla, 2007, p. 50).

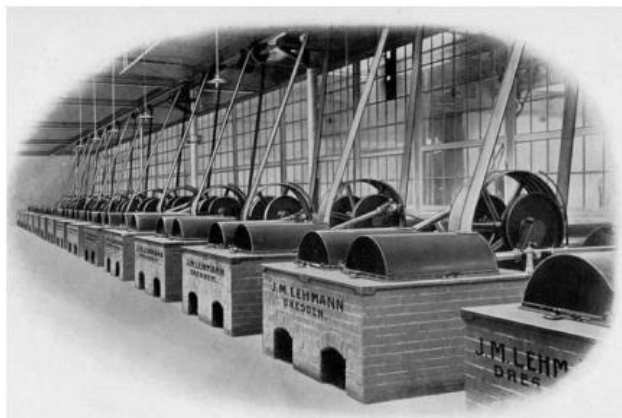


Figura 2. 2. Máquina para proceso de conchado (Conchas).
Fuente: (Grivetti & Shapiro, 2011, p. 619)

La masa gira hasta que se consigue una mezcla uniforme, el chocolate crudo. No se debe sobrepasar una temperatura de 50°C a 60°C, porque entonces quedaría el chocolate pegajoso y esto no se podría arreglar más que con una refrigeración profunda después de verter la masa. Para la fabricación de mejores calidades se introduce en la mezcladora manteca de cacao, que se ha obtenido durante la elaboración del cacao, para dar al chocolate su propiedad fundente. (Plank, 1984, p. 497).

Algunos fabricantes prefieren limitar el tiempo de conchado restringiendo el proceso de conchado a uno principalmente de licuefacción del chocolate. Esto es posible al tratar la masa de cacao en una etapa más temprana, con el fin de eliminar algunos de estos productos químicos volátiles menos deseables. (Beckett, 2012, p. 7).

2.4. La Automatización

La Automatización es una herramienta aplicada en las industrias para optimizar procesos y ser más competitivo, utilizando para ello una gran variedad de sistemas que sustituyen de manera operativa a la mano del hombre, reemplazándolo de forma física y mental mediante dispositivos mecánicos, neumáticos, informáticos, eléctricos, etc. En conjunto de todos estos dispositivos, se puede definir que, la automatización es una tecnología controlada por instrucciones programadas capaces de realizar una tarea de forma efectiva, siendo este un sistema competente para trabajar sin la intervención humana.

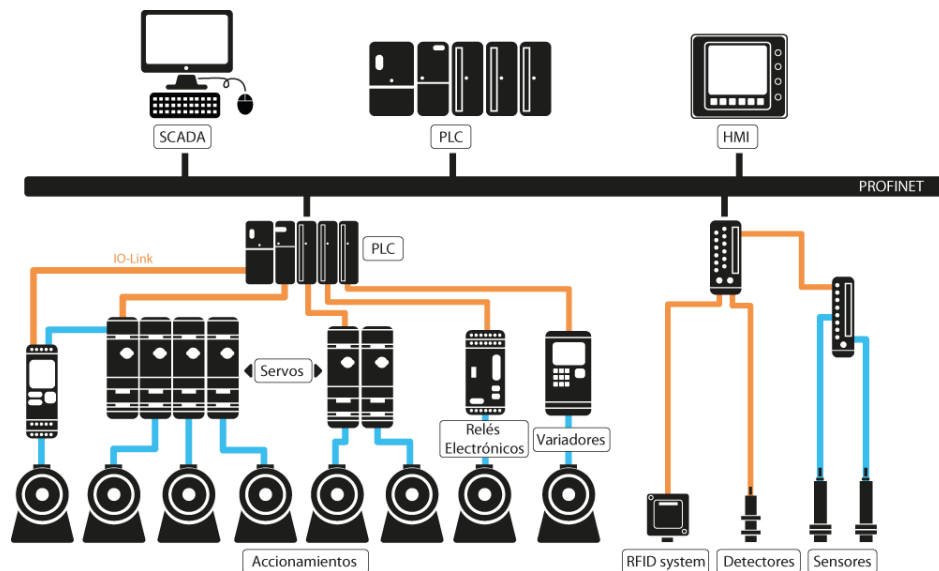


Figura 2. 3. Sistema de Control.
Fuente: ("BERDIN", 2017, p. 6).

La automatización, en todo su potencial, se logra usando diversos dispositivos, sensores, actuadores, técnicas y equipos capaces de observar y controlar todos los aspectos del proceso de manufactura, de tomar decisiones acerca de los cambios que se deben hacer en la operación y de controlar todos los aspectos de ésta.

La automatización es un concepto evolutivo, más que revolucionario. En las plantas manufactureras se ha implementado bien en las siguientes áreas básicas de actividad, según (Kalpakjian & Schmid, 2002, p. 1023):

2.5. Generalidades de la Automatización

La ciencia y la tecnología han avanzado y desarrollado técnicas e instrumentos que se unen para lograr el objetivo de competitividad. Con la ayuda de éstos se dan los primeros pasos en el desarrollo de la automatización, tanto de los procesos como de los productos, haciendo que el proceso productivo sea más flexible, con un ahorro en tiempo, recursos y costos. (Higuera, 2005, p. 18).

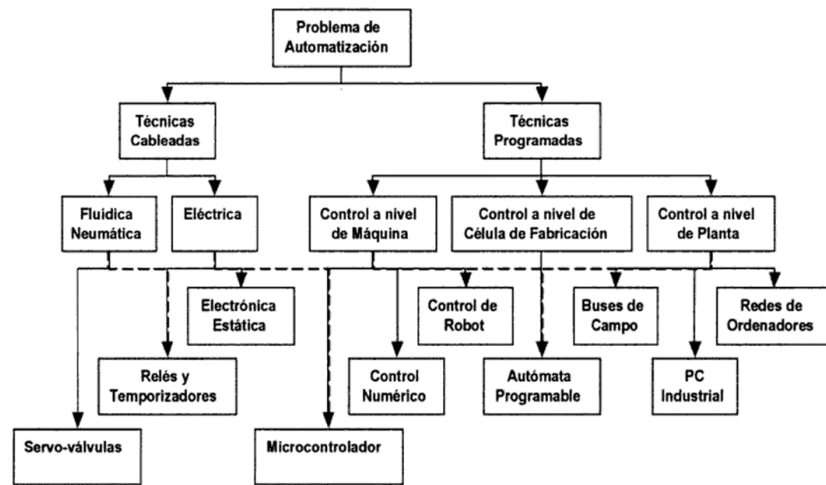


Figura 2. 4. Tecnologías empleadas en la automatización.
Fuente:(Higuera, 2005).

2.6. Tecnologías de la automatización

La automatización se lleva a cabo con el fin fundamental de poder incrementar la competitividad de la industria, por ende, hace uso de diversas tecnologías enfocadas a tal objetivo. Cuando se analiza un problema de automatismo se concuerda que no hay una técnica única de aplicación. La técnica de los automatismos es de muy variadas facetas que es preciso conocer. (Teja, 1995, p. 15).

2.3.1. Técnicas cableadas

Se implementan por medio de uniones físicas entre los elementos que forman el sistema de control (por ejemplo, contactores y relés unidos entre sí por cables eléctricos). La estructura de conexionado entre los distintos elementos da lugar a la función lógica que determina las señales de salida en función de las señales de entrada. (Llopis, 2010, p. 8).

2.3.1.1. Tecnología neumática

La automatización neumática es la que se realiza usando las propiedades del aire comprimido. Las señales deben traducirse a ausencia o presencia de presión neumática. El tratamiento de las señales es realizado por distribuidores neumáticos. Las señales de salida son, generalmente, posiciones de cilindros neumáticos. (Salvador, 1988, p. 8).

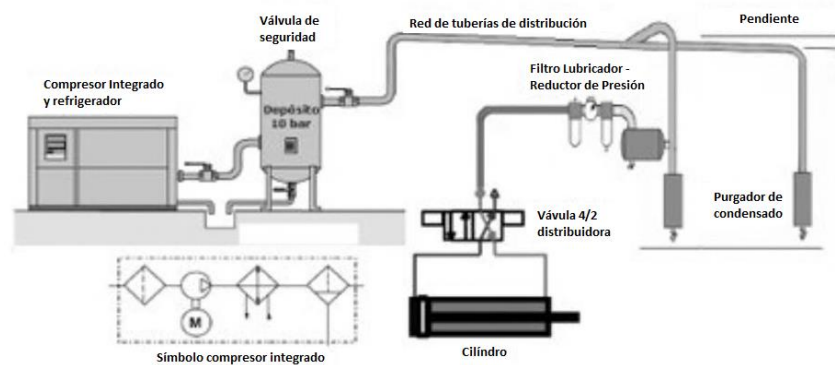


Figura 2. 5. Preparación del aire.
Fuente: (Solé, 2012, p. 2).

2.3.1.2. Tecnología hidráulica

La hidráulica utiliza básicamente los fluidos hidráulicos como medios de presión para mover los pistones de los cilindros. En la Figura 2. 6., representa el movimiento típico de un pistón dentro del cilindro gracias a la energía proporcionada por un sistema hidráulico formado por una bomba, un depósito y un conjunto de tuberías que llevan el fluido a presión hasta los puntos de utilización. (Solé, 2012, p. 3).

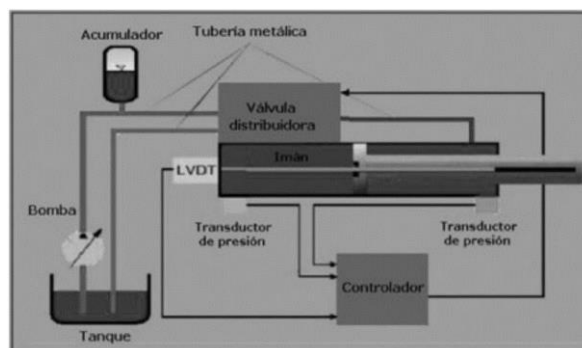


Figura 2. 6. Circuito típico de un pistón dentro del cilindro en un sistema hidráulico. LVDT (Linear Variable Differential Transformer) es un captador lineal de desplazamiento.
Fuente: (Solé, 2012, p. 3).

3.3.4.1. Tecnología eléctrica

La automatización en base a tecnologías eléctricas se basa fundamentalmente en el empleo de elementos tales como relés y contactores. Los relés actúan como elementos intermediarios para activar o desactivar un circuito o máquina en función de una señal eléctrica externa. Son elementos que basan su funcionamiento en una bobina que excita un conjunto magnético que activa o desactiva sus contactos. Los contactores por el contrario son la equivalencia de los relés, pero mucho más robustos y que soportan aplicaciones industriales más exigentes. (Alonso, 2013, p. 9).

2.3.1.2. Tecnología electrónica

Se puede definir como las aplicaciones de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica. Se basa principalmente en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia y se usa en una gran variedad de productos de gran potencia, como controles de temperatura, de iluminación, de motores, fuentes de poder, sistemas de impulsión de vehículos y sistemas de corriente directa en alto voltaje. (Rashid, 2004, p. 1).

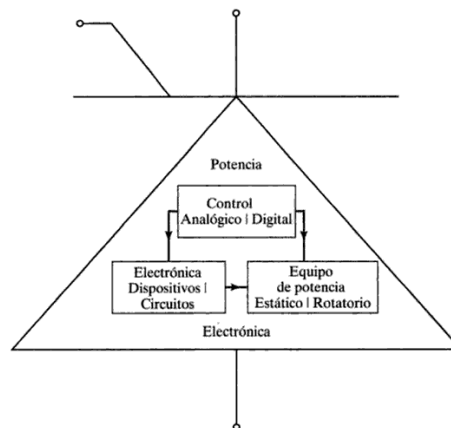


Figura 2. 7. Relación entre electrónica de potencia, potencia, electrónica y control.
Fuente: (Rashid, 2004, p. 2).

2.3.2. Técnicas programadas

Se implementan por medio de un programa que se ejecuta en un microprocesador. Las instrucciones de este programa determinan la función lógica que relaciona las entradas y las salidas. Según (Llopis, 2010, p. 8), se pueden distinguir 3 formas de implementación:

2.3.2.1. Autómata programable industrial

Sistemas específicos de control de dispositivos especialmente diseñados para su aplicación en entornos industriales. (Higuera, 2005, p. 24).

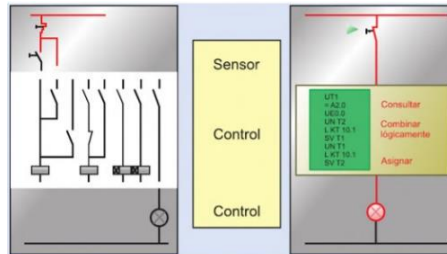


Figura 2. 8. Izquierda: automatización de un proceso de forma cableada. Derecha: Solución con autómata.

Fuente: (VAZQUEZ, 2013, p. 177)

2.3.2.2. Ordenador (PC industrial)

Es un dispositivo electromecánico capaz de realizar todo tipo de cálculos y procesamiento de información como respuesta a una serie de comandos e instrucciones, que le permite realizar las tareas de entrada, procesamiento, almacenamiento y salida. (Lucía Chacón Alvarado, 2002, p. 13).

2.3.2.3. Microcontrolador

Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en un microcomputador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada y salida, en un único circuito integrado. (F. E. V. Pérez & Areny, 2007, p. 14).

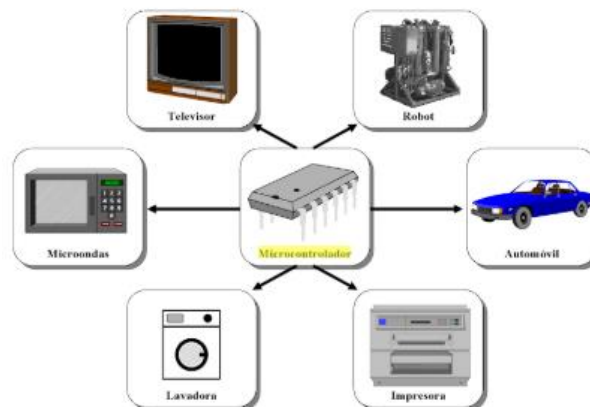


Figura 2. 9. Campos de aplicación de los microcontroladores

Fuente: (E. M. Pérez, 2007, p. 12)

2.7. Descripción tecnológica del automatismo

La descripción tecnológica del automatismo es el conjunto de elementos físicos que lo forman. En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. Por otra parte, está la descripción funcional, que se refiere a las características de funcionamiento del sistema automatizado. (Llopis, 2010, p. 15).

Los continuos avances en la tecnología de sensores están posibilitando la vigilancia en línea, o en tiempo real, de los procesos de manufactura. En forma directa o indirecta, y usando diversos sensores, se pueden detectar dimensiones, rugosidades superficiales, temperaturas, fuerzas, potencia, vibración, desgaste de herramientas y la presencia de defectos externos o internos. (Kalpakjian & Schmid, 2002, p. 998).

2.4.1. Sensores

En general, un sistema de ingeniería moderno está compuesto por un sensor, una unidad procesadora y un sistema de actuación. De este modo, se puede afirmar que, de acuerdo con su función los sensores son dispositivos que permiten cuantificar una variable física, mientras que los actuadores, a partir de la variable física medida por el sensor, tienen la tarea de realizar una acción, como consecuencia de haber procesado la magnitud que tendrá dicha variable. (Ramírez, Jiménez, & Carreño, 2014, p. 2).

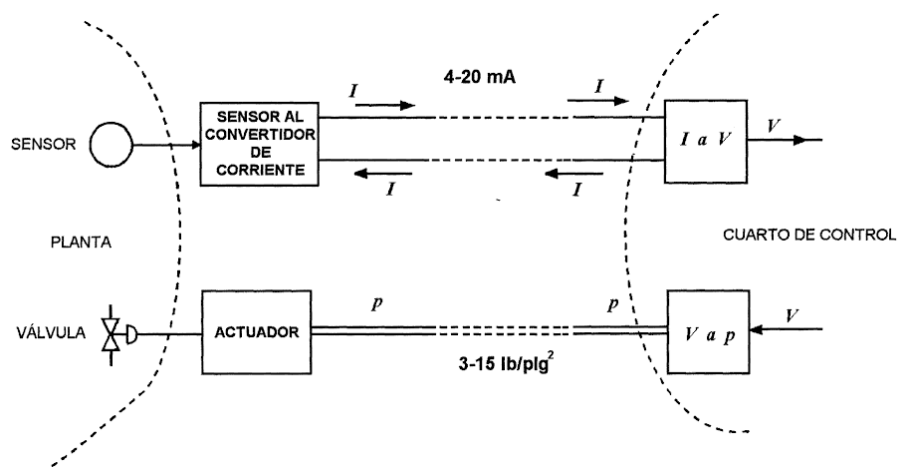


Figura 2. 10. La corriente eléctrica y la presión neumática son los medios más comunes de transmisión de la información en el ambiente industrial.

Fuente: (Gilberto, 2000, p. 24).

- **Captadores**

Son dispositivos físicos que miden cantidades físicas, tales como distancia, luz, sonido, olor, temperatura, etc. El objetivo de los sensores es permitir que las líneas automáticas puedan recibir y percibir información desde el mundo que las rodea. Su función es similar a la de nuestros sentidos, con los cuales se logra interactuar con nuestro medio. (Alonso, 2013, p. 23).

- **Detectores**

Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. Los más frecuentes son los detectores de proximidad, que normalmente detectan la presencia de un objeto, aunque también son frecuentes los detectores de nivel, de temperatura o de presión. (Llopis, 2010, p. 14).

2.4.1.1. Detectores de proximidad

Los detectores de proximidad revelan la presencia de un elemento dentro de su campo de acción. Entre el sensor y el elemento a detectar no existe un contacto físico, con lo que no existe un desgaste al no haber piezas en movimiento. (FILIU, 2014, p. 265).

- **Finales de carrera:** Un final de carrera es un dispositivo eléctrico, neumático o mecánico que se activa de manera automática cuando un objeto llega al final de su recorrido y entra en contacto con él, Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA) o normalmente cerrados (NC). (CARRILLO, 2018, p. 69).

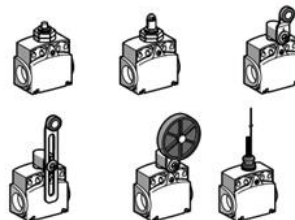


Figura 2. 11. Finales de carrera con diferentes elementos de mando, de Schneider Electric.
Fuente: (Llopis, 2010, p. 16).

- **Sensor de proximidad inductivo:** Es un sensor de presencia que se emplea principalmente para la detección de materiales metálicos. Funcionan a base de generar un campo electromagnético alterno mediante una bobina delante de una cara sensible o activa y con una frecuencia alta (entre 100 y 500kHz) mediante un oscilador. Cuando un objeto metálico se sitúa dentro de su campo de detección, se inducen unas corrientes parásitas en él. (FILIU, 2014, p. 266).

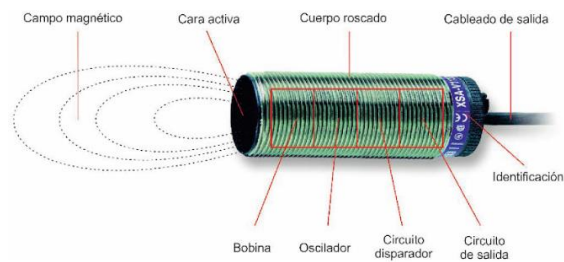


Figura 2. 12. Partes de un sensor inductivo.
Fuente: (FILIU, 2014, p. 266).

- **Sensor de proximidad capacitivo:** Los sensores capacitivos miden electrónicamente la capacitancia entre dos o más conductores en un entorno dieléctrico, generalmente aire o líquido. Una técnica similar es el entorno de campo eléctrico, donde el campo de tensión electrostática producido por los conductores en un entorno dieléctrico es captado por una sonda y un amplificador de alta impedancia. (Baxter, 1996, p. 1).



Figura 2. 13. Sensores de proximidad capacitivos.
Fuente: (FILIU, 2014, p. 267).

- **Sensor magnético:** Este sensor consiste en un núcleo magnético suave rodeado por una excitación y una bobina sensor. Mientras que la bobina de excitación impulsa periódicamente el núcleo en saturación, el componente de campo en la dirección del núcleo se puede medir con la señal de salida de la bobina de detección. (Iniewski, 2017, p. 215).

2.4.1.2. Captadores o transductores

Es un dispositivo que convierte la energía mecánica, magnética, térmica, eléctrica, óptica y variaciones químicas en voltajes y corrientes, estos voltajes y corrientes se usan directamente o indirectamente para accionar otros sistemas de control. (Gilberto, 2000, p. 48).

- **Sensor de nivel:** Activan o desactivan su salida en función de que el nivel del líquido sea superior o inferior a la posición en que están colocados. Hay de varios tipos, según (Llopis, 2010, p. 46).

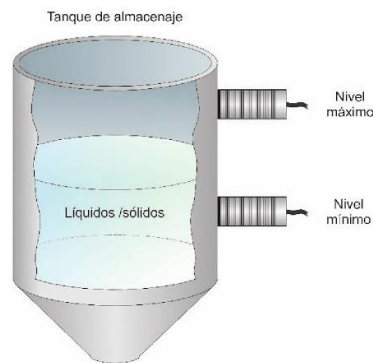


Figura 2. 14. Ejemplo de detección de líquidos estableciendo dos niveles (máximo y mínimo).

- Fuente: (FILIU, 2014, p. 267).

- **Ultrasónico:** Consiste en utilizar un detector de ultrasonidos como el descrito en la sección anterior. Éste se coloca encima del depósito, midiendo la distancia a la superficie. Normalmente, se suele utilizar con salida analógica, con lo que se obtiene el nivel continuo.

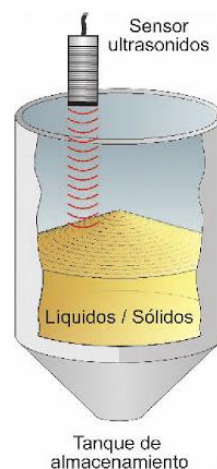


Figura 2. 15. Control de capacidad mediante sensor de ultrasonidos.
Fuente: (FILIU, 2014, p. 273).

- **Sensor de temperatura:** Un sensor de temperatura es un elemento capaz de transformar una señal física de temperatura en una señal eléctrica. En el control de la temperatura, aparecen dos grupos: Termómetros (realizan una medición de la temperatura) y termostatos (activan y desactivan una salida en cuanto se alcanza una temperatura prefijada). Según (FILIU, 2014, p. 28),

-Termistores: Resistores no lineales cuya resistencia óhmica varía con la temperatura procedente del ambiente y, sobre todo, de la corriente eléctrica que circula por su interior. (Herranz & Oliva, 2009, p. 46).

-Termorresistencia: El fundamento de las termorresistencias es la variación de resistividad que experimenta un material al variar su temperatura. Físicamente, una termorresistencia consta de un núcleo de cuarzo sobre el que se arrolla (Pt o Ni) encapsulado el conjunto en una vaina protectora de cerámica o vidrio. De esta vaina sobresalen los extremos de los conductores. (CASTELLÓ & ORTIZ, 2015, p. 10).

-Termopar: Es un dispositivo de uso común para medir diferencias de temperaturas. Se fabrica con dos conductores eléctricos distintos, soldados entre sí en un punto de conexión, como se ve en la figura 16. Cuando cambia la temperatura de la unión, se crea una fuerza electromotriz en la unión, y ese voltaje se puede medir con un voltímetro u otro aparato electrónico. (Rolle, 2006, p. 60).

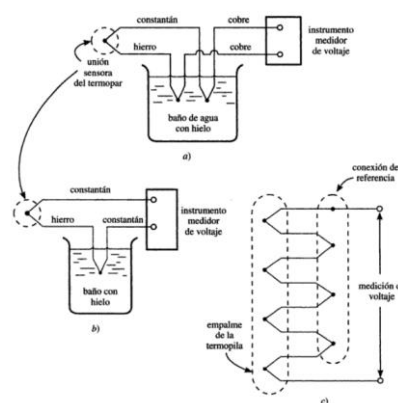


Figura 2. 16. a) Termopar simple-terminal de alambre de cobre; b) Termopar simple-terminal de alambre de Constantán; c) Termopila (de cuatro etapas).
Fuente: (Rolle, 2006, p. 60).

- **Sensores ultrasónicos:** El sensor ultrasónico es uno de los sensores más potentes disponibles. El sensor ultrasónico funciona enviando un sonido que rebota en los objetos y las paredes y regresa al sensor, como el radar o el sonar. (Kelly & Daudelin, 2008, p. 154).

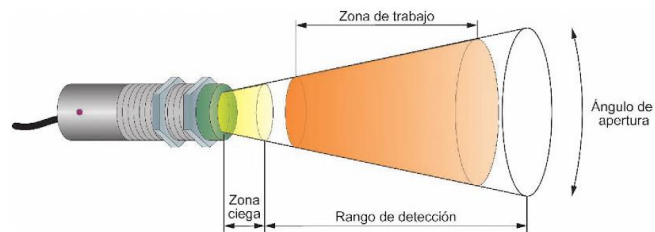


Figura 2. 17. Área de detección de un sensor de ultrasonidos.
Fuente: (FILIU, 2014, p. 273).

- **Sonda PT100:** La sonda PT100 es capaz de transformar una variación de temperatura en una variación de resistencia eléctrica. Esta conversión se puede realizar gracias a la existencia de materiales, como el platino, que varían linealmente su resistencia eléctrica conforme se incrementa/decrementa su temperatura. Un autómatas programable puede escalar fácilmente esta señal analógica y transformarla en temperatura. (CARRILLO, 2018, p. 69).

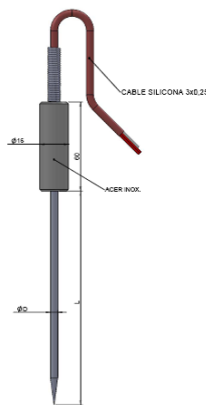


Figura 2. 18. Sonda PT100
Fuente: ("Sonda temperatura Pt100, Pt1000. Conatos").

- **Sensor de caudal:** Los medidores de caudal se utilizan para contabilizar la transferencia de materia entre diversas partes del proceso, diferentes compañías, o bien entre suministrador y usuario. Según (J. A. Sánchez, 2006, p. 4).

2.4.2. Actuadores

Los actuadores son los elementos que convierten las señales eléctricas del equipo de control en acciones físicas sobre el proceso. Se puede distinguir entre preactuadores y actuadores. El preactuador es el elemento que actúa de interfaz, recibiendo como entrada la señal eléctrica y actuando sobre el actuador. Los más utilizados en la industria son aquellos que permiten regular el paso de fluidos por un conducto (válvulas, bombas y ventiladores), y aquellos que permiten realizar un movimiento en objetos que se manipulan o en partes de una máquina (cilindros neumáticos e hidráulicos, y motores eléctricos). (Llopis, 2010, p. 55).

Según (Ramírez et al., 2014, p. 25), por lo regular, los actuadores se clasifican en dos grandes grupos:

1. **Por el tipo de energía utilizada:** actuador neumático, hidráulico y eléctrico.
2. **Por el tipo de movimiento que generan:** actuador lineal y rotatorio.

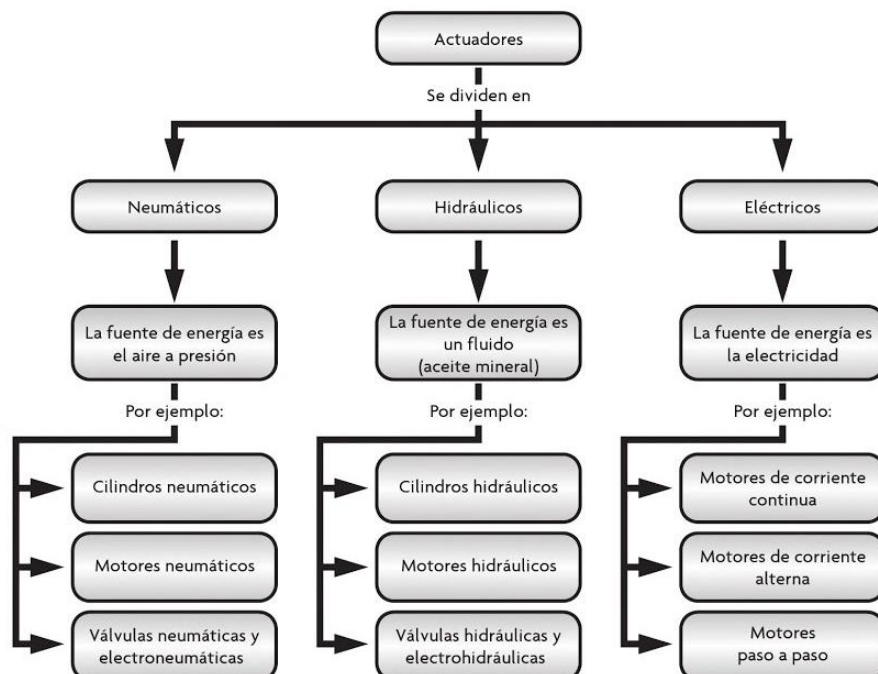


Figura 2. 19. Clasificación de los actuadores.
Fuente: (Ramírez et al., 2014, p. 26)

- **Actuadores neumáticos:** En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, cuya función es la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico. Según (Salvador, 1988, p. 31), los actuadores neumáticos se clasifican en dos grandes grupos:

-Cilindros neumáticos: Los cilindros neumáticos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados. Entre éstos se encuentran los cilindros de simple efecto, que consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago y el de cilindro doble efecto, el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio. En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado al exterior por el orificio de la cámara trasera. (Solé, 2012, p. 2).

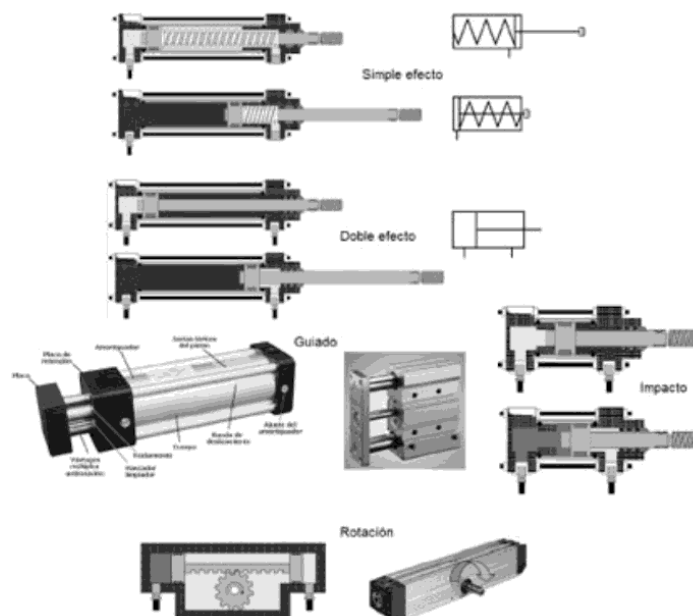


Figura 2. 20. Cilindro neumático de simple efecto, doble efecto, guiado, impacto y rotación. Fuente: (Solé, 2012, p. 16)

-Motores neumáticos: Los motores neumáticos realizan la función de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. El proceso se desarrolla de forma inversa al de la compresión. Según (Salvador, 1988, p. 40).

- **Actuadores hidráulicos:** Se basan en la acción del aceite a presión. Los actuadores básicos son también cilindros, cuyos émbolos empujados por el aceite a presión ejercen la fuerza sobre el sistema a mover. (Llopis, 2010, p. 59).

-Cilindro de simple efecto: Se componen de una entrada para suministro de fluido hidráulico a un dispositivo hermético, de tal forma que este desplaza, en un sentido, a un elemento mecánico denominado comúnmente vástago o pistón. En tanto, para lograr el movimiento en sentido inverso, se utiliza una fuerza externa, que en general es un resorte o la acción de la gravedad. (Ramírez et al., 2014, p. 29).

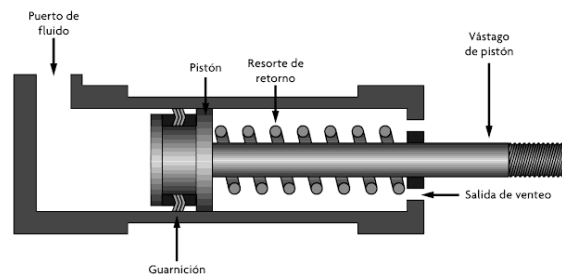


Figura 2. 21. Cilindro hidráulico simple efecto.
Fuente: (Ramírez et al., 2014, p. 29)

-Cilindro doble efecto: Utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos mediante una válvula de solenoide. (Solé, 2012, p. 34).

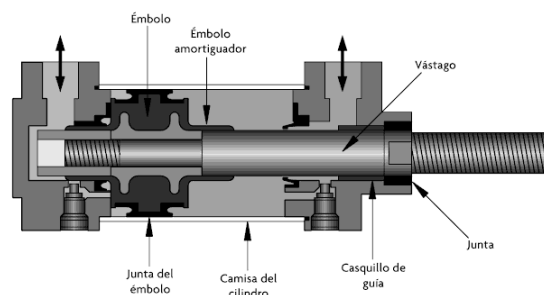


Figura 2. 22. Cilindro hidráulico de doble efecto.
Fuente: (Ramírez et al., 2014, p. 29).

- **Actuadores eléctricos:** La fuente de energía es la electricidad. Hay tres grandes grupos de actuadores eléctricos: Los motores de corriente continua, controlados por inducido o controlados por excitación, los motores de corriente alterna (síncronos y asíncronos) y los motores paso a paso, entre los que destacan los motores de imanes permanentes, de reluctancia variable o híbridos. Los actuadores eléctricos son muy precisos y fiables, son silenciosos, su control es sencillo y son de una fácil instalación. Su mayor inconveniente es que son de potencia limitada. (J. A. S. Sánchez, 2002, p. 85).

-Motores de corriente continua: Los motores de corriente continua (C.C) han sido el actuador más empleado en operaciones de control de movimientos debido, por una parte, a la flexibilidad que presentan a la hora de realizar el control de la velocidad y del par; y, por otra, a las dificultades que implicaba la regulación de los motores de corriente (C.A). El inducido recibe en los motores tradicionales de (C.C) la corriente del exterior a través del colector de delgas, en el que se apoyan unas escobillas de grafito. La transmisión de energía debe realizar a través de un contacto deslizante, que hace la función de un rectificador mecánico, sufriendo un desgaste y necesitando por lo tanto un mantenimiento periódico, siendo ésta una de las principales causas que tiende a desplazar al motor de continua por los motores de inducción. (Ángel & Javier, 2013, p. 38).

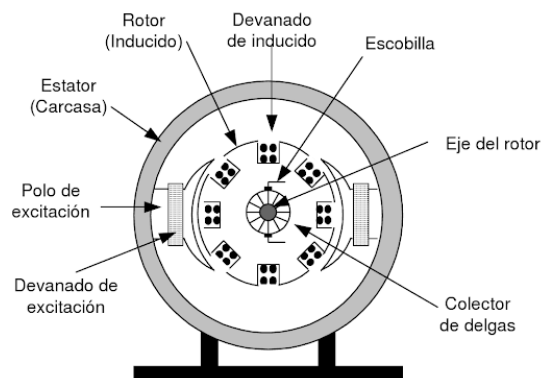


Figura 2. 23. Representación de una máquina C.C
Fuente: (Torrens & Tous, 2005, p. 71).

-Motor de inducción: El motor de inducción fue inventado por Nikola Tesla en 1888 y su principio no requiere conexiones a la parte rotatoria, la transferencia de energía de la parte estacionaria a la parte rotatoria es por medio de inducción electromagnética. Un campo magnético rotatorio producido por el devanado estacionario (llamado estator) induce una fuerza electromotriz y una corriente en el rotor. (Harper, 2000, p. 327).

-Motores de corriente alterna: Se basan, al igual que los motores de continua, en la interacción entre dos dipolos magnéticos. Pero en este caso se trata de dos dipolos producidos por corrientes alternas que circulan una por una bobina devanada sobre un soporte magnético fijo, denominado estator, y otra por una pieza giratoria metálica denominada rotor, que puede tener o no uno o varios devanados a su alrededor. (Areny, 1993, p. 63).

-Motores síncronos: Cuenta con los devanados de rotor y estator alimentados de forma separada. Por lo general el inducido, alimentado con corriente alterna trifásica, se sitúa en el estator, mientras que el devanado de excitación, situado en el rotor, es alimentado con corriente continua. (González, Álvarez, & Fernández, 2002, p. 21).

-Motores asíncronos: La diferencia entre los motores asíncronos y el resto se debe a que no existe corriente conducida a uno de los arrollamientos, por este motivo se denominan motores de inducción. También se llaman motores asíncronos, debido a que la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo (velocidad impuesta por la frecuencia de la red). (Ángel & Javier, 2013, p. 42).

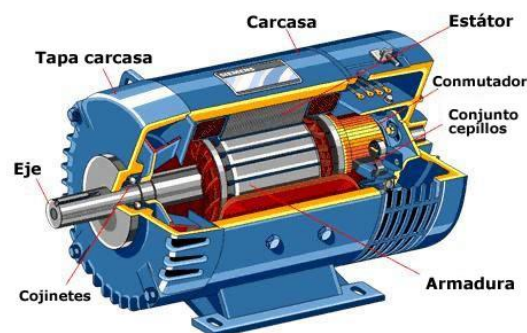


Figura 2. 24. Partes de un motor Asíncrono.
Fuente: (Santiago Castillo, 2015, p. 1).

2.4.3 Preactuadores

Los preactuadores eléctricos por excelencia han sido siempre los contactores y los relés. Cuando se activa la bobina de mando de estos elementos se cierran los contactos permitiendo la conexión o desconexión de motores de diversos tipos. El desarrollo de equipos electrónicos de potencia ha aumentado el número de lo que se considera preactuadores eléctricos, así como las funciones que llevan integradas. (Llopis, 2010, p. 61).

- **Relé:** Aparato electromagnético destinado a producir una acción en un circuito al actuar como interruptor o conmutador. El relé está formado por un elemento móvil, un operador y una serie de contactos. Cuando el relé recibe corriente, se genera un campo magnético que pone en marcha el mecanismo de apertura y cierre. (Educación, 1996, p. 82).
- **Contactor:** Un contactor magnético es esencialmente un relevador de control grande que está diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia, posee un relevador de bobina que activa a un conjunto de contactos; se usan para controlar motores desde 1/2Hp hasta varios cientos de Hp. Por lo general, poseen un sistema de extinción de arco eléctrico por sopleo magnético, para evitar que se dañen los contactos por las repetidas operaciones de apertura y cierre a que se ven sujetos. (Harper, 2005, p. 318).

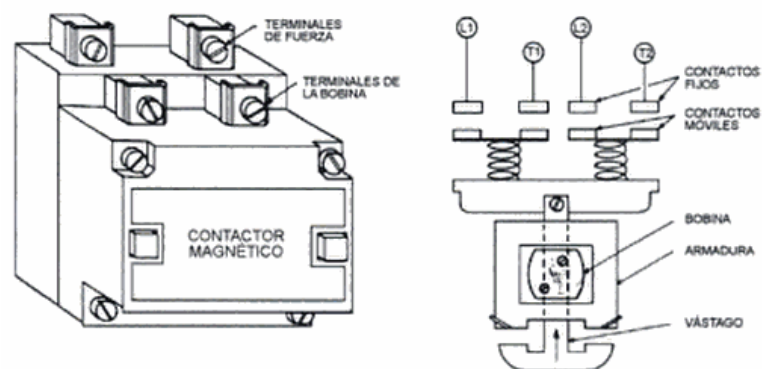


Figura 2. 25. El contactor mostrado internamente.
Fuente: (Harper, 2005, p. 319).

- **Variador de frecuencia:** Es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hercios de la alimentación de un motor. Los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales, que no necesitan ningún devanado especial. Trabajan entre una frecuencia mínima y una máxima, pudiéndose regular en todo el rango con suma facilidad. (Martín & García, 2016, p. 213).

2.8. Sistemas de control automático

Se puede decir que en nuestra vida diaria existen numerosos objetivos que necesitan cumplirse. Por ejemplo, en el ámbito doméstico, se requiere regular la temperatura y humedad de las casas y edificios para tener un ambiente cómodo. Para transportación, se requiere controlar que un automóvil o un aeroplano se muevan de un lugar a otro en una forma segura y exacta. En la industria, los procesos de manufactura tienen un sinnúmero de objetivos para productos que satisfacen requerimientos de precisión y costo. (Kuo, 1996, p. 2).

Los procesos industriales pueden ser de distinta naturaleza, pero en general tienen como aspecto común, que se requiere del control de algunas magnitudes, como son: la temperatura, la presión, el flujo, etc. El sistema de control para estas magnitudes se puede definir como: Un sistema que compara el valor de una variable a controlar con un valor deseado y cuando existe una desviación, efectúa una acción de corrección sin que exista intervención humana. (Gilberto, 2000, p. 11).



Figura 2. 26. Sistema de control.
Fuente: (“Sistema de control”, 2013, p. 15).

2.9. Sistema controlado

Un proceso es un conjunto de equipos o dispositivos, ya sean mecánicos, eléctricos, electrónicos, informáticos, hidráulicos, físicos, químicos, térmicos, o de cualquier otra índole, dispuestos de tal modo que en conjunto puedan realizar las operaciones necesarias con el fin de lograr un determinado objetivo. Se denomina sistema controlado al conjunto formado por el proceso y el sistema de control. (Cusido, 2014, p. 5).

2.10. Lazo de control

Un sistema de control elemental incluye la llamada unidad de medida, un indicador, el registrador, un elemento final de control y el propio proceso a controlar, estos elementos forman conceptualmente el lazo de control que puede ser abierto o cerrado. (Gilberto, 2000, p. 11).

2.7.1. Control en lazo abierto

Un sistema de control en bucle abierto es aquel en el que la señal de salida no influye sobre la acción de control. De esta forma el controlador o regulador no tiene en cuenta el valor de la señal de salida, ni se compara ésta con la señal de referencia para decidir la actuación en todo instante sobre el sistema. Evidentemente los sistemas de control en lazo abierto funcionarán razonablemente bien siempre y cuando hayan sido perfectamente estudiados y no exista ninguna alteración sobre el sistema. (García, 2013, p. 6).

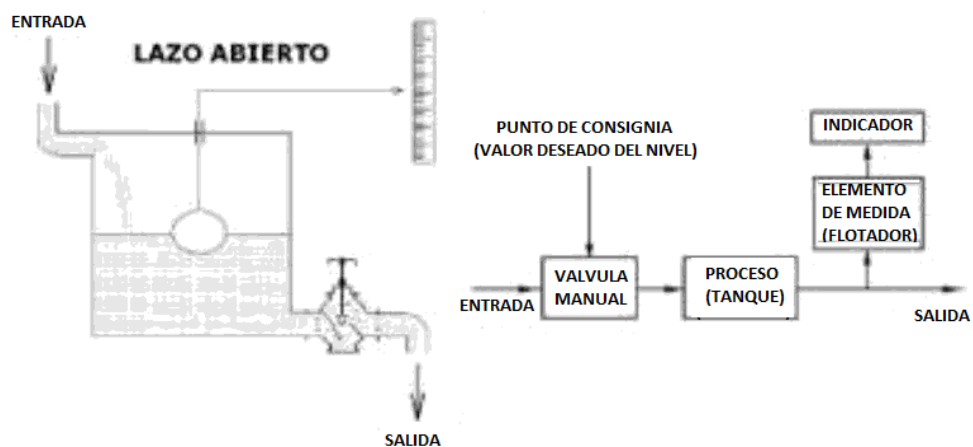


Figura 2. 27. Sistema en lazo abierto
Fuente: (SOLÉ, 2012, p. 2).

2.7.2. Control en lazo cerrado

En los sistemas de control en lazo cerrado, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. A este efecto se le denomina realimentación. La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas en lazo abierto. (Castro, 1998, p. 18).

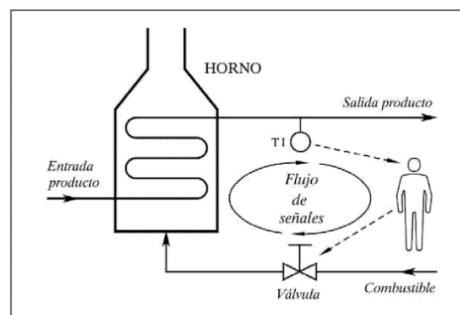


Figura 2. 28. Control manual en lazo cerrado
Fuente: (Cusido, 2014, p. 6).

2.8. Unidades individuales, funciones y capacidades

Las unidades individuales en cuanto a equipos automáticos serán todos aquellos equipos y máquinas destinados a realizar tareas repetitivas y automatizadas con control no presencial. (Alonso, 2013, p. 72).

2.8.2. Autómatas programables

El autómatas programable también se conoce como PLC, que es la sigla de Controlador Lógico Programable. En el hardware se utiliza componentes robustos que soportan condiciones de trabajos adversas. En el software, se programa en un lenguaje especial diseñado específicamente para generar de forma sencilla el programa que implementa el algoritmo de control de procesos secuenciales. (Llopis, 2010, p. 110).



Figura 2. 29. Mitsubishi compact PLC
Fuente: (Bolton, 2006, p. 11).

2.8.2.1. PLC's arquitectura y componentes

Las entradas y salidas se conectan a través de interfaces adecuadas. Cada entrada y salida tiene su propia dirección. Muestra la arquitectura básica de un PLC. Figura 2. 30. que contiene un procesador, un chip de microprocesador y chips de memoria. Contiene todas las interfaces de entrada y salida. Los dispositivos de programación pueden ser de mano o de escritorio que están alejados del PLC. (Mehra, 2012, p. 4).

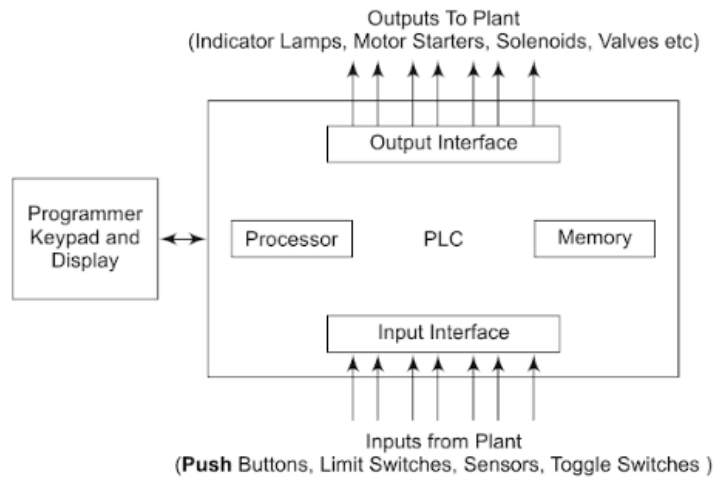


Figura 2. 30. PLC architecture
Fuente: (Mehra, 2012, p. 4).

2.8.2.2. Procesador

La unidad procesadora o unidad de procesamiento central (CPU) es la unidad que contiene el microprocesador y esto interpreta las señales de entrada y lleva a cabo las acciones de control, según el programa almacenado en su memoria, comunicando las decisiones como señales de acción a las salidas. (Bolton, 2006, p. 4).

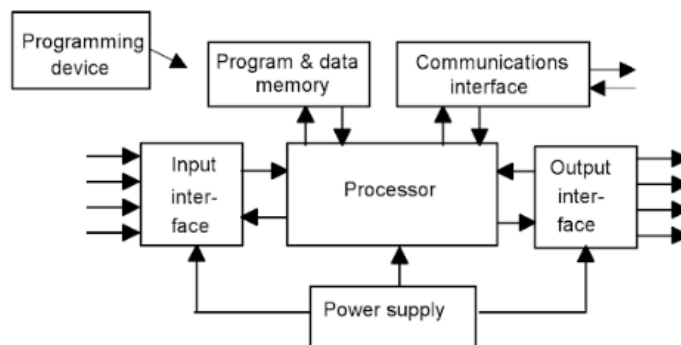


Figura 2. 31. Sistema PLC
Fuente: (Bolton, 2006, p. 4).

- **Microprocesador:** La unidad procesadora contiene un chip microprocesador y los circuitos necesarios para comunicarse con los dispositivos dentro del PLC y fuera del PLC. El procesador puede iniciar la operación de contadores, secuencias, temporizadores y relés de control, aunque no existen dispositivos físicos reales. Estas operaciones se realizan usando rutinas de software dentro de la unidad procesadora. El procesador puede tomar todas las decisiones necesarias para controlar un proceso. Supervisa los estados de encendido o apagado de las entradas, escanea y resuelve la lógica del programa de usuario y controla el estado de los dispositivos de salida para activarlos o desactivarlos. (Mehra, 2012, p. 5).



Figura 2. 32. PLC - Unidad de procesador
Fuente: (Mehra, 2012, p. 5).

- **Memoria:** La unidad de memoria es donde se almacena el programa que se utilizará para las acciones de control que ejercerá el microprocesador y los datos almacenados desde la entrada para el procesamiento y la salida. (Bolton, 2006, p. 4).

- **Memoria RAM:** Es una memoria volátil, es decir, que se borra si se quita la alimentación. Se puede distinguir entre RAM estática (que permanece mientras no se quite la alimentación) y RAM dinámica, que se va borrando, aunque se mantenga la alimentación, por lo que requiere de un sistema que refresque (vuelva a grabar) los valores que almacene cada cierto tiempo. (Llopis, 2010, p. 112).

2.9. Método y componentes

A continuación, se conceptualiza el método de sintonización en la calibración y componentes utilizados en el desarrollo de la planta.

2.9.1. Sistemas embebidos

Un sistema embebido es un sistema informático diseñado para realizar un grupo de funciones dedicadas y específicas, empleando para ello una combinación de recursos de hardware y de software. Poseen características diferenciales (entre otras: procesamiento concurrente, paralelo y distribuido, robustez, fiabilidad, bajo consumo y bajo costo) que los hace altamente recomendables en la administración y control de robots autónomos móviles. (Azcurra, D., Rodríguez, D., 2016, p. 5).

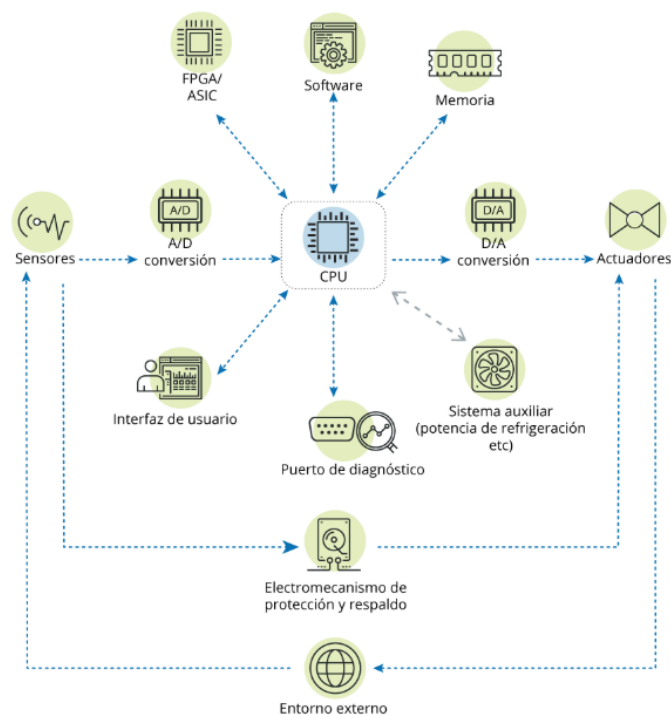


Figura 2. 33. Componentes de los Sistemas Embebidos.
Fuente: ("Introducción a los sistemas embebidos", 2018, p. 1).

2.9.1.1. Aplicaciones

-Robótica: Control y automatización de todo tipo de procesos y tareas de difícil ejecución como la soldadura de grandes tuberías o de las cubiertas de los barcos, obteniendo y corrigiendo información en tiempo real.

-Domótica y otras: existen placas que incorporan todas las capacidades necesarias para dar inteligencia a los edificios, capacidades que también se pueden trasladar a otros múltiples campos, como son el control y la instrumentación, mediciones analógicas y digitales, vigilancia, seguridad y estaciones remotas. (Raúl Sánchez Vítores, 2015, p. 58).

2.9.2. LattePanda

LattePanda es una computadora de una sola placa que ejecuta una versión completa de Windows 10 con un procesador Intel Quad Core y tiene una conectividad excelente, con tres puertos USB, Wifi y Bluetooth 4.0 integrados. También incluye un coprocesador Arduino Leonardo que le permite dominar el mundo físico mediante el control de dispositivos interactivos utilizando miles de periféricos plug and play como se puede observar en la Figura 2. 34 (DFRobot, 2017).

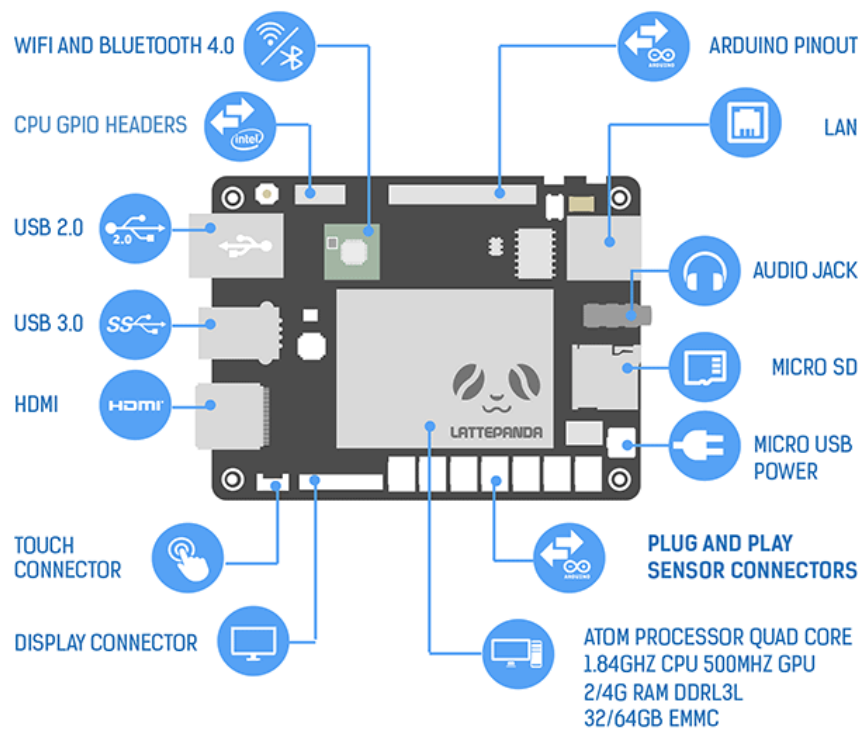


Figura 2. 34. Partes fundamentales de LattePanda
Fuente: (DFRobot, 2017)

El encargado de lidiar con todo lo que tiene que ver Arduino es el coprocesador ATmega32u4. Hay 20 conectores GPIO (controlables en tiempo de ejecución) para unir la placa con sensores y actuadores. (Puerto, 2016).

2.9.3. Arduino Leonardo

El Arduino Leonardo es un tablero de microcontrolador basado en el ATmega32u4 (hoja de datos). Tiene 20 pines de entrada / salida digital (de los cuales 7 se pueden usar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar. El Leonardo difiere de todas las tarjetas anteriores en que el ATmega32u4 tiene comunicación USB incorporada, lo que elimina la necesidad de un procesador secundario. Esto permite que el Leonardo aparezca en una computadora conectada como un mouse y un teclado, además de un puerto serie / COM virtual (CDC). En la Figura 2. 35. podemos visualizar las partes principales de la tarjeta. (“Arduino Leonardo”, 2016).

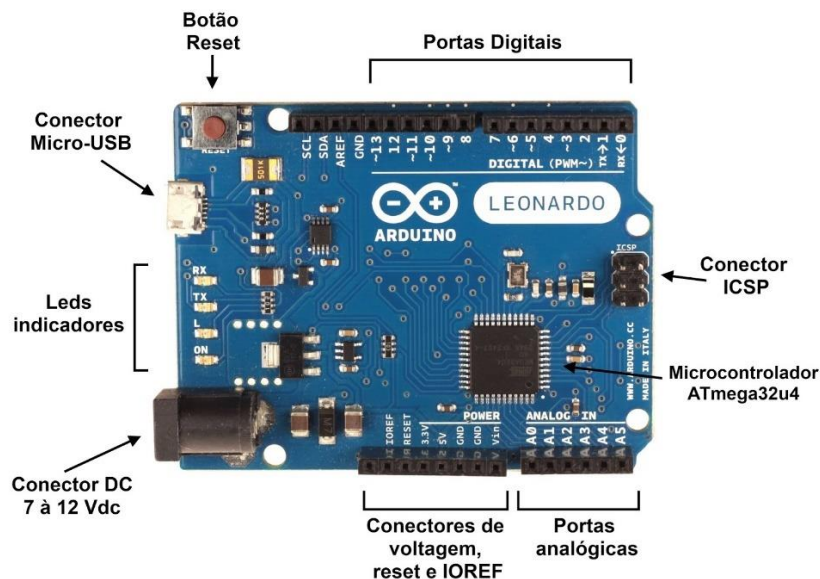


Figura 2. 35. Partes principales del Arduino Leonardo
Fuente: (“Arduino Leonardo”, 2016).

2.9.4. Software

Es el conjunto de datos que necesita la computadora para poder trabajar. Los datos varían según el tipo de operación que deba realizar la computadora, por eso se agrupan formando programas distintos. También podemos decir que software, es el conjunto de programas y utilidades que se encargan de explicar al hardware lo que tiene que hacer. (“Hardware y Software.pdf”, 2016, p. 6).

2.9.4.1. LabVIEW

Es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un Panel Frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. y una circuitería interna. En LabVIEW estas partes reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente como se indica en la Figura 2. 36. (Vizcaíno & Sebastián, 2011, p. 22).

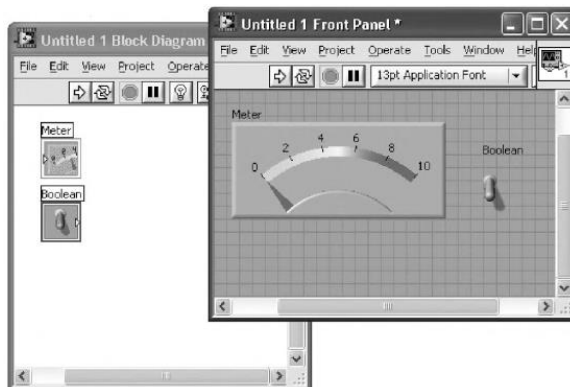


Figura 2. 36. Panel frontal y Diagrama de bloques
Fuente: (Vizcaíno & Sebastián, 2011, p. 23).

LabVIEW le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas. (“National Instruments”, 2018, p. 1).

2.9.5. Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID

Ziegler-Nichols propusieron reglas para determinar los valores de la ganancia proporcional K_p , del tiempo integral T_i y del tiempo derivativo T_d , basándose en las características de respuesta transitoria de una planta dada. Tal determinación de los parámetros de los controladores PID o sintonía de controladores PID la pueden realizar los ingenieros mediante experimentos sobre la planta. (Ogata, 2003, p. 683).

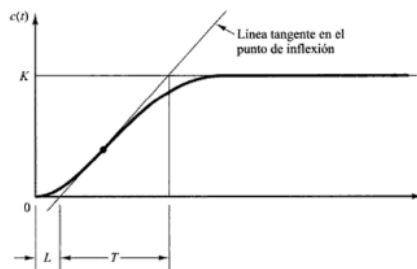


Figura 2. 37. Curva de respuesta en forma de S
Fuente: (Ogata, 2003, p. 683).

1.-Con el control de bucle cerrado P, aumente la magnitud de la ganancia proporcional hasta que el bucle cerrado esté en una oscilación continua. Para valores de ganancia de controlador ligeramente mayores, el sistema de circuito cerrado es inestable, mientras que para valores ligeramente más bajos el sistema es estable.

2.-El valor de la ganancia proporcional del controlador que causa la oscilación continua se denomina ganancia crítica (o final) K . El período pico a pico (tiempo entre picos sucesivos en la salida del proceso de oscilación continua) se denomina crítico (o último) período, p .

3.-Dependiendo del controlador elegido, P, PI o PID, use los valores de la Figura 2. 38., para los parámetros de ajuste, basados en la ganancia crítica y el período. (Bequette, 2003, p. 198).

Ziegler-Nichols Closed-Loop Oscillation Method Tuning Parameters			
Controller type	k_c	τ_i	τ_D
P-only	$0.5 k_{cu}$	—	—
PI	$0.45 k_{cu}$	$P_u/1.2$	—
PID	$0.6 k_{cu}$	$P_u/2$	$P_u/8$

Figura 2. 38. Metodo Ziegler-Nichols para sintonización de parámetros (PID).
Fuente: (Bequette, 2003, p. 198).

2.9.6. Puente H (VNH2SP30 Motor Driver)

Este componente evita que el controlador del motor se destruya, así mismo si la alimentación de entrada se conecta accidentalmente hacia atrás. El dispositivo incorpora un controlador de lado alto monolítico doble y dos interruptores de lado bajo. La entrada vnh2sp30 motor INA e INB puede interactuar directamente con el microcontrolador para seleccionar la dirección del motor y el freno. (“Vnh2sp30 motor driver”, 2018, p. 1).

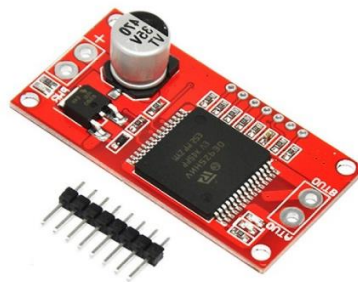


Figura 2. 39. VNH2SP30 Motor driver
Fuente: (“Vnh2sp30 motor driver for windows xp”, 2018, p. 1).

2.9.7. Tarjeta Relé de 1 Canal

Estos dispositivos permiten controlar cargas de alto voltaje con una señal pequeña. El módulo posee 1 relay de alta calidad, con capacidad de manejar cargas de hasta 250V/10A. Este módulo a diferencia de los módulos relay de 2 o más canales no posee optoacopladores, en su lugar la activación del relay es mediante un transistor. El diseño del módulo facilita el trabajo con Arduino, al igual que con muchos otros sistemas. Este módulo Relay activa la salida normalmente abierta (NO: Normally Open) al recibir un "0" lógico (0 Voltios) y desactiva la salida con un "1" lógico (5 voltios). (“Módulo Relay 1CH 5VDC”, 2015, p. 1).

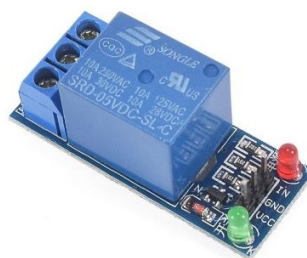


Figura 2. 40. Módulo Relay 1CH 5VDC
Fuente: (“Módulo Relay 1CH 5VDC”, 2015, p. 1).

2.9.8. Sensor de temperatura LM35

El sensor LM35, ofrece una precisión de 0.5°C mientras que su sensibilidad es de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, está calibrado para trabajar con grados Celcius y puede leer valores entre los -50°C y los 150°C . (Millahual, 2017, p. 206).

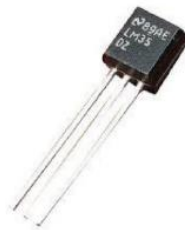


Figura 2. 41. Sensor de temperatura
Fuente: (Pena & Pardal, 2015, p. 75).

2.9.9. Sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico funciona según el principio “impulso-eco” en combinación con la triangulación. Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita a la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aprox. $300\mu\text{s}$, emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la membrana, que entretanto se había estabilizado. La piezocerámica convierte estas vibraciones en una señal eléctrica analógica, que la electrónica del sensor amplifica y transforma en una señal digital. (Los sensores en el automóvil, 2002, p. 37).



Figura 2. 42. Sensor Ultrasónico
(Pena & Pardal, 2015, p. 39).

CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el diseño estructural, así como también el sistema de control de los periféricos usados, además a través de la interfaz se controla las funciones de la maqueta configurando los parámetros y variables utilizados dentro del proceso para la elaboración del chocolate.

3.2. Funcionamiento de la planta

Para la realización estructural de la planta se utiliza acero inoxidable, puesto que se considera un material para uso alimenticio. De este modo la planta se divide en tres partes: La primera está conformada por dos tanques reservorios, la segunda parte se encuentra la base rectangular de aluminio de los tanques y la tercera parte constituye en la caja de acrílico donde se ubica la tarjeta embebida, así como también los periféricos del sistema; aislada por el tipo de material de la caja, ayudando de esta manera cumplir con la función de protección del cableado y tarjeta de control de cualquier tipo de contacto o desajuste.

Para energizar este sistema se usó una fuente conmutada de 12V-224VAC, de esta manera se evita tener picos elevados de voltaje abruptos, que puedan averiar a la tarjeta electrónica. En el proceso de calentamiento se trabaja con una resistencia de 110V, por otra parte, en el control del nivel se utiliza un sensor ultrasónico HC-SR04 con una alimentación de 5VDC.

El sistema de control funciona básicamente estableciendo el tiempo de calentamiento y el nivel de producto que debe tener el tanque de trabajo previo al traspaso de la materia prima, iniciando desde el tanque reservorio hacia el de trabajo. Para esto se activa la resistencia durante el tiempo establecido y luego se desconecta, seguidamente se activa el sensor ultrasónico registrando la distancia inicial hasta la deseada, para luego empezar con el llenado del tanque de trabajo al nivel anteriormente fijado hasta mantenerlo constante en el reservorio.

3.3. Diseño del hardware y estructura de los tanques reservorios

La planta está conformada por dos tanques reservorios, los cuales son: tanque de alimentación y tanque de proceso. El tanque de alimentación es utilizado para realizar la operación de calentamiento del chocolate por este motivo se utiliza una termoresistencia de 110v alimentada por una fuente de 12V-224VAC.

El nivel de líquido es controlado por el sensor ultrasónico HC-SR04; conforme indique el nivel de líquido a través de ondas ultrasónicas generadas por el sensor se obtiene de esta manera la distancia deseada. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del proceso en la Figura 3. 1.

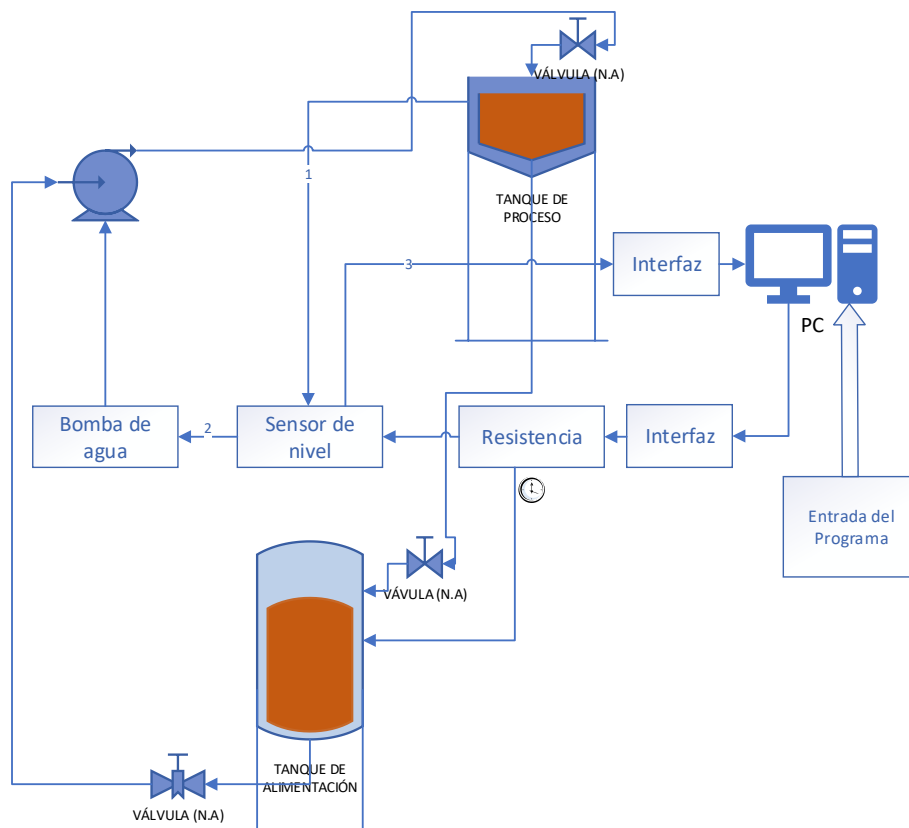


Figura 3. 1. Diagrama de bloques del Sistema
Elaborado por: Autor

3.3.1. Fabricación de tanques y estructura

Este proyecto está constituido por la parte física estructural, en la cual hace referencia a la fabricación de los tanques, bases y soportes de la maqueta.

El tipo de material que se utilizó para la elaboración de los tanques fue en acero inoxidable AISI 316, ya que este tipo de material es inmune a corrosión o cualquier tipo de picaduras, esto se debe a su alto contenido de cromo y níquel. Cada tanque ha sido soldado a la base de la estructura para una mayor fijación y soporte. A continuación, se observa el diseño de la maqueta en la Figura 3. 2.

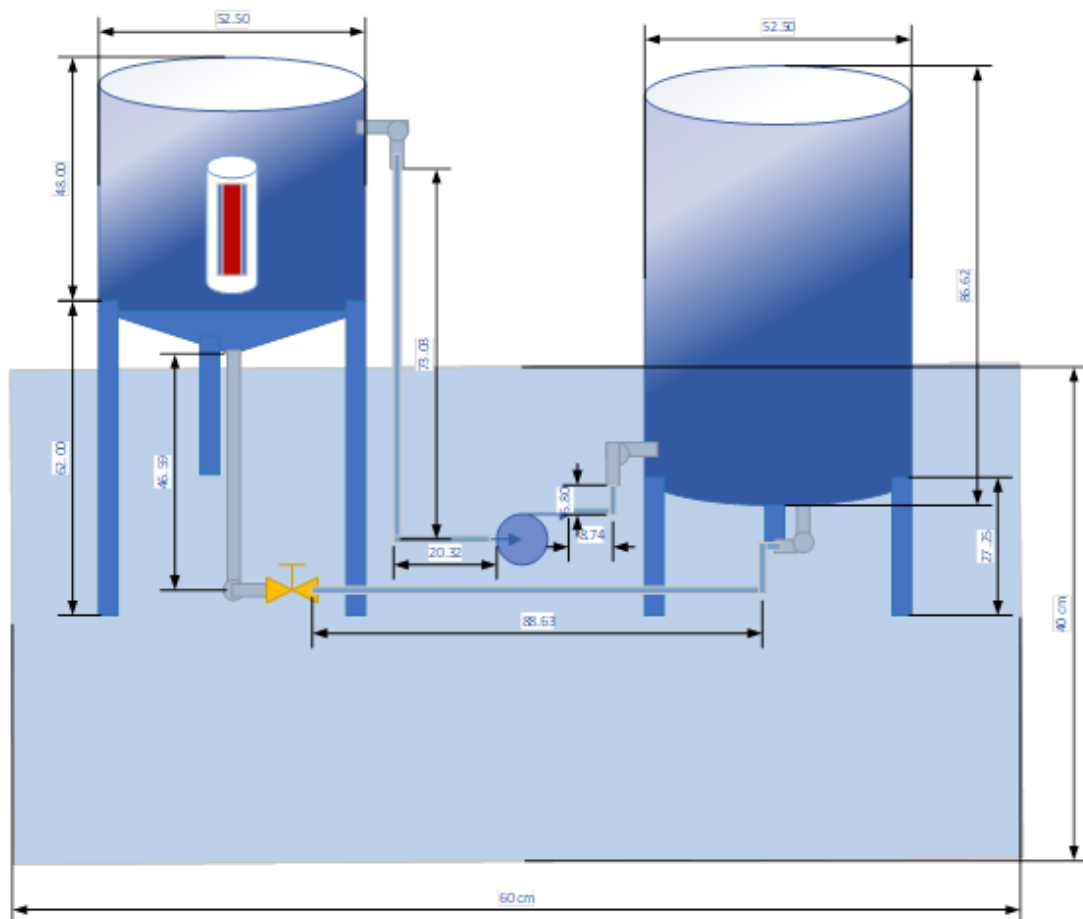


Figura 3. 2. Diseño Estructural de la maqueta
Elaborado por: Autor

3.3.2. Selección de materiales

En la siguiente tabla, se detalla los materiales que se usa para la construcción de la maqueta, de esta manera se podrá comprobar el funcionamiento del diseño propuesto.

Tabla 3. 1. Lista de Materiales

MATERIALES	CARACTERISTICAS	USO
Plancha acero inoxidable AISI 316	e= 2mm / 30x60cm	Cuerpo del tanque
Varilla de acero	e= 1 ½" (Long= 13.5-26.5cm)	Soporte de tanques
Codos	Diam= 3/8"	Unión de tanques y bomba
Conectores	Diam= 3/8"	Unión de manguera y tanques
Mangueras	Diam= 3/8"	Traslado del producto
Visor de nivel	pequeño (tres niveles)	Visualización del llenado
Acrílico	e= 2mm	Tapas de los tanques
Llave de bola	Diam= 3/8"	Paso para recirculación del producto
Plancha acero con reborde	A= 60x40cm	Base de la maqueta

Elaborado por: Autor

3.3.3. Construcción de tanques reservorios

La maqueta esta armada bajo una base metálica rígida de aluminio con rebordes de 4cm, las medidas de la base son de 60cm. x 40cm. Es importante que al instalar los diferentes elementos electrónicos no tenga contacto con la base, por lo que se ubicó en una caja de acrílico toda la circuitería, de esta manera pueda ser aislado de cualquier contacto posible con la base y así se pueda evitar avería alguna en el sistema. En la siguiente Figura 3. 3. se observa la base metálica anteriormente mencionada.



Figura 3. 3. Base metálica
Elaborado por: Autor

En el proceso de moldeo del tanque, se pasa la plancha de acero inoxidable por la maquina roladora, esta dará la forma cilíndrica del tanque y luego se procedió a soldar las paredes junto con la base y las tapas. A continuación, se observa en la Figura 3. 4. el tanque terminado en su forma prevista.



Figura 3. 4. Plancha enrolada de 30cm. x 20diam
Elaborado por: Autor

Se lava con desengrasante para poder eliminar cualquier suciedad, herrumbre, pintura, grasa o impureza que pueda afectar la soldadura al unir las paredes del tanque. Se chequeó minuciosamente cada punto de soldadura para que no exista en lo absoluto ninguna fuga por donde pueda tener algún tipo de filtración o fisura.

Se verificó el consumible adecuado respecto al tipo de espesor del material, en este caso el espesor es de 2mm, se elije el electrodo y el tamaño de electrodo apropiado para luego realizar los cordones de soldadura TIG en el sello de las paredes de los tanques. El cordón obtenido es de forma superficial y se le dará en lo posterior el pulido correspondiente para mejorar el acabado. En la Figura 3. 5. Se observa la soldadura de los tanques.



Figura 3. 5. Soldadura de tanques
Elaborado por: Autor

Para las tapas inferiores cónicas, se fabricó una pieza en forma de disco con un diametro igual a 25cm. Se le realiza una perforación en el centro, ayudando a la flexibilidad del material para el moldeo cónico, además, se le retira una parte del disco igual a 5cm como se observa en la Figura 3. 6., esto ayuda al diseño de la tapa al unir nuevamente por la parte que fue retirada, en la Figura 3. 7 se indica el moldeado cónico de la tapa.

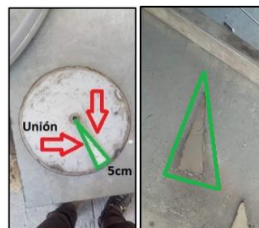


Figura 3. 6. Fabricación de tapas para tanques
Elaborado por: Autor



Figura 3. 7. Moldeado cónico para tapa de tanque
Elaborado por: Autor

3.3.4. Montaje de elementos

Para el montaje de los elementos en material de acero se lo realiza con soldadura TIG, los cuales son: cubierta, soportes y tubería.

3.3.4.1. Unión de tapas cónicas para tanques

El diseño de los tanques es de forma cilíndrica y en la parte inferior cónica, esto ayuda de forma que el producto almacenado se escurra por las paredes al tener la inclinación de la tapa, cuando inicie la retroalimentación del sistema pueda evacuar con facilidad, se observa en la Figura 3. 8., la unión de las tapas al cuerpo del tanque.



Figura 3. 8. Fijación de tapas cónicas para tanques
Elaborado por: Autor

3.3.4.2. Instalacion de soportes para tanques

Se realiza varias piezas con varilla de $\frac{1}{2}$ " en 6 secciones de las cuales 3 tendrán la medida de 13.5cm. y 3 varillas de 26.5cm, fueron soldadas y fijadas en la parte inferior, esto para sostener los tanques. Cabe indicar que el tanque de proceso tendrá una mayor altura para ayudar a la recirculación del proceso y realice el vaciado del producto por gravedad hacia el otro tanque reservorio para poder así repetir el proceso. En la Figura 3. 9. Se indica la posición de los soportes de los tanques.



Figura 3. 9. Soldadura de soporte para tanques
Elaborado por: Autor

Se fija los soportes correspondientes a cada uno de los tanques mediante soldadura eléctrica a la base metálica como se observa en la Figura 3.10. Quedando de esta forma el tanque de procesos del lado izquierdo y el de almacenamiento del derecho como se aprecia en la Figura 3.11.



Figura 3. 10. Instalación de los tanques a la base metálica
Elaborado por: Autor



Figura 3. 11. Ubicación de tanques
Elaborado por: Autor

3.3.4.3. Tuberías y codos para llenado de tanques

Se instaló una tubería de recirculación con un codo de 3/8" soldada a una tubería de 10cm. en acero inoxidable de 3/8" como se observa en la Figura 3. 12., ubicada en la salida de la parte inferior del tanque de proceso, así como también del tanque de almacenamiento para realizar la respectiva recirculación del producto.



Figura 3. 12. Fijación de tubería a tanque de proceso
Elaborado por: Autor

Además de 2 codos de tubería de 3/8", uno situado en la parte lateral superior del tanque de proceso para el llenado correspondiente del tanque y otro ubicado en la parte inferior del tanque de almacenamiento, ambos conectados a la bomba de llenado.

3.3.5. Abrillantamiento de tanques

Esto se realiza a ambos tanques con pulidora eléctrica y pasta para abrillantar. Esta operación se la realizó para dar al tanque un acabado mas estético, puliendolo con pasta abrillantadora dandole un acabado tipo espejo como se observa en la Figura 3. 13.



Figura 3. 13. Proceso de pulida de tanques
Elaborado por: Autor

3.3.2. Colocación de visor al tanque de procesos

Se colocó un indicador de nivel al tanque de procesos para mejor visualización de la cantidad de ingreso del producto. Para esto se realizó dos perforaciones al tanque por los cuales se incrustará dos tornillos especiales que sostiene al visor y por el cual también ingresa el líquido, como lo muestra la Figura 3. 14.



Figura 3. 14. Instalación de visor al tanque de proceso
Elaborado por: Autor

3.4. Diseño de Control

La tarjeta LattePanda está conectada al puente H, mediante un bus de datos, de la misma forma está conectada al relé que activa la resistencia térmica para calentar el agua, el ultrasónico para controlar el nivel y el LM35 para la temperatura del agua.

En la programación del sistema se utilizó el programa LabVIEW en el cual tiene dos paneles, uno corresponde a la interfaz de usuario y el segundo al panel de diagrama. El panel de diagrama como tal es donde se trabaja la programación en modo de bloques. En este caso para usar la tarjeta Arduino Leonardo correspondiente a la LattePanda se utiliza una librería llamada LINX. Esta librería permite ingresar a la tarjeta y poder usarla como un complemento más de LabVIEW. Esto quiere decir, si se tiene “1” o “0”, un alto o bajo en la salida digital y adquiere un valor de verdadero o falso, donde, verdadero envía un alto o “5V” y un falso “0V”.

Para la conexión con el puente H, se requiere una configuración de 2 entradas y una variable de velocidad. En este caso la bomba se encuentra en una velocidad determinada por el cual solo se envía un “0” y “1”, en este sistema de control trabaja con una bomba por el cual en todo momento va a realizar la operación de absorción del líquido, únicamente se necesita enviar valores de “1” y “0”. Por lo tanto, se envía a una sola entrada, cuando está en alto o en bajo, esto es, al estar en bajo la bomba no trabaja y cuando adquiera un valor alto comience a funcionar. El ultrasónico trabaja por dos entradas digitales, se selecciona que pines van a ir en el código de bloques y adquiera automáticamente el valor de distancia.

El relé utiliza también una única entrada, por este motivo es de un canal, trabaja como activo o apagado y no tiene la misma configuración del puente H, para este proceso se le envía una señal de “0” para que cambie el estado y se activa el sistema de calentamiento. El LM35 está conectado a una señal analógica. Con respecto a todo el sistema de potencia está habilitada por 12V-224VAC.

En la siguiente Figura 3. 15. se muestra la estructura de la planta. El circuito de fuerza controla el sistema de llenado y tiempo de calentamiento del producto mediante el sensor ultrasónico y el relé.

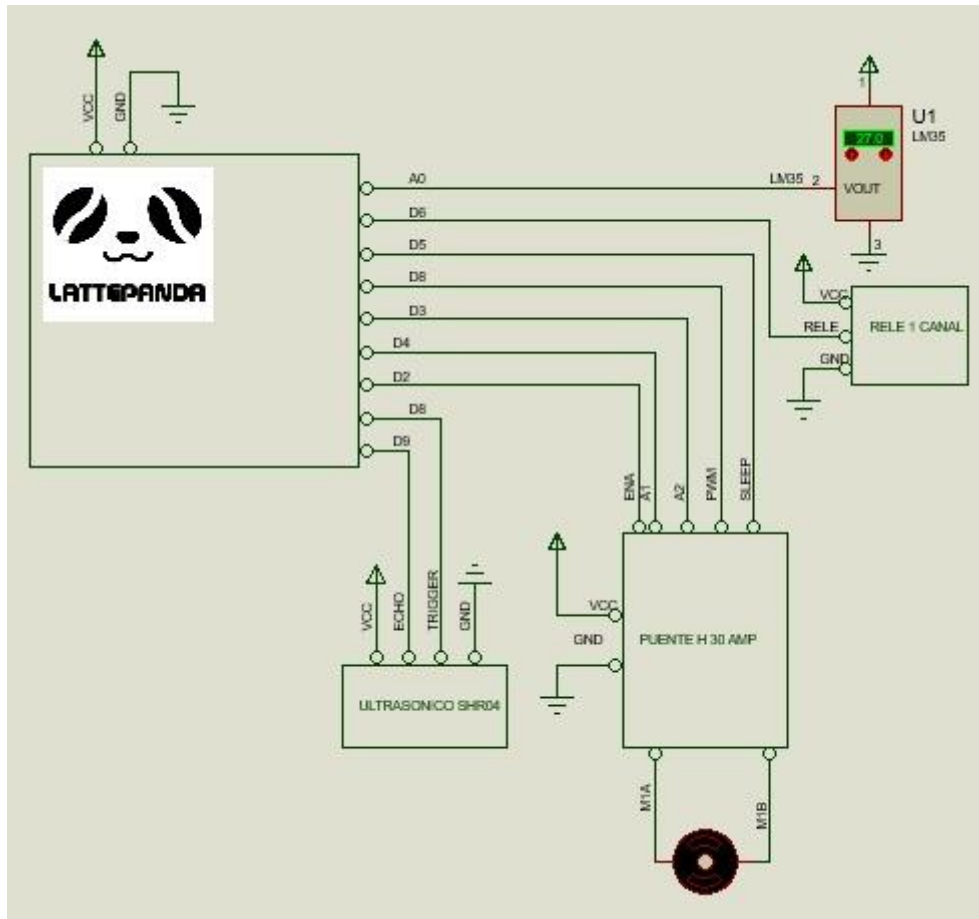


Figura 3. 15. Circuito de Control y accionamiento de la planta
Elaborado por: Autor

La etapa de control consta de diferentes periféricos tales como la tarjeta controladora de motor VNH2SP30 (Figura 3. 16), la tarjeta de relé para el control de la resistencia térmica (Figura 3. 17), el sistema embebido LattePanda (Figura 3. 18), un sensor ultrasónico hc-sr04 (Figura 3. 19) para el control de nivel del tanque, para la lectura de la temperatura se usa un sensor lm35 con una resolución de 10mV por grado centígrado (Figura 3. 20).

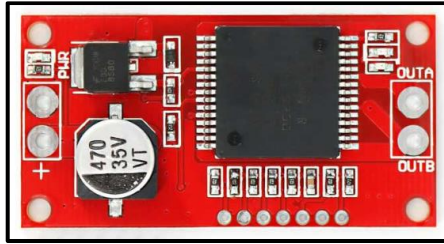


Figura 3. 16. Tarjeta Controladora de motor CC VNH2PS30
Fuente: (Schreibfehler & Vertipperbei, 2014, p. 15).

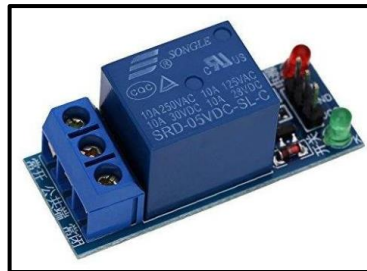


Figura 3.17. Tarjeta Relé de 1 canal
Fuente: (naylampmechatronics.com).

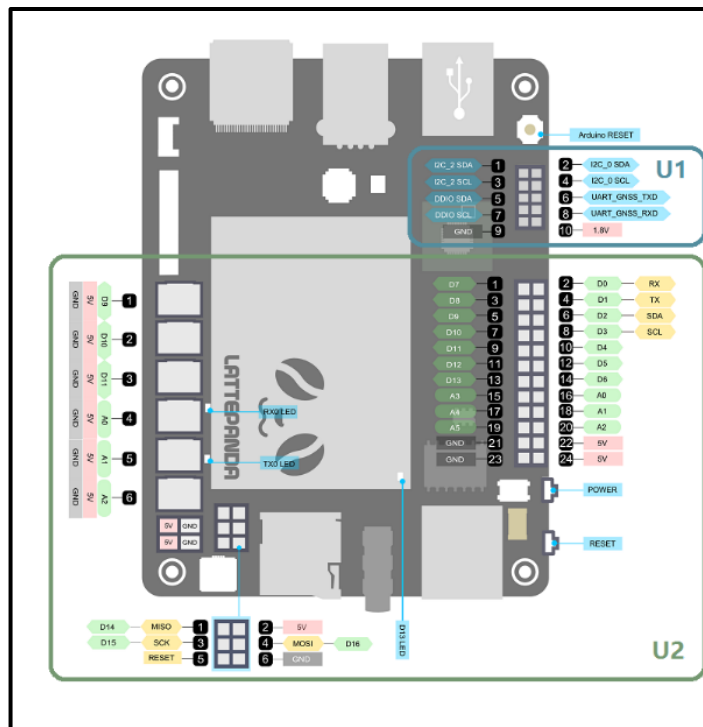


Figura 3. 18. Embebido LattePanda
Fuente: (www.lattepanda.com).



Figura 3. 19. Sensor ultrasónico
Fuente: (Osakaelectronicstda).

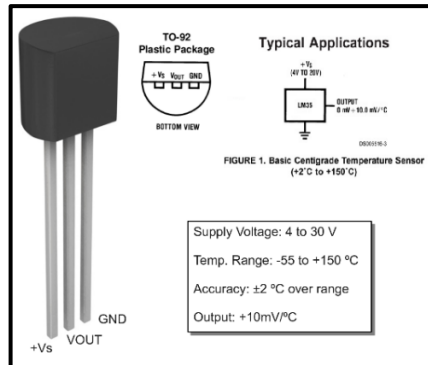


Figura 3. 20. Sensor de Temperatura LM35
Fuente: (Geekbot Electronics, 2004, p. 19).

3.4.1. Desarrollo del software en LabVIEW

- En esta sección se detallará los pasos a seguir para el desarrollo del proceso de control usando la lattepanda, Arduino y Labview 2015.
- Abrir labview y crear un nuevo Vi.
- Ir a herramientas >MakerHub>Link>Generar Firmware Librerías

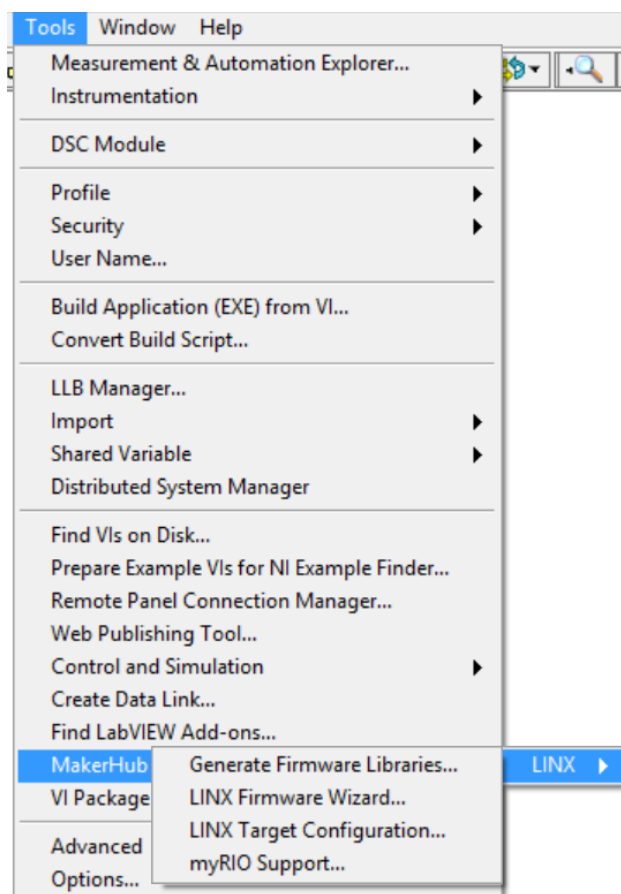


Figura 3. 21. Generar librerías.
Elaborado por: Autor.

- Se abre una ventana donde se crean las librerías necesarias para la tarjeta atmega32 integrada en lattepanda (Arduino Leonardo).

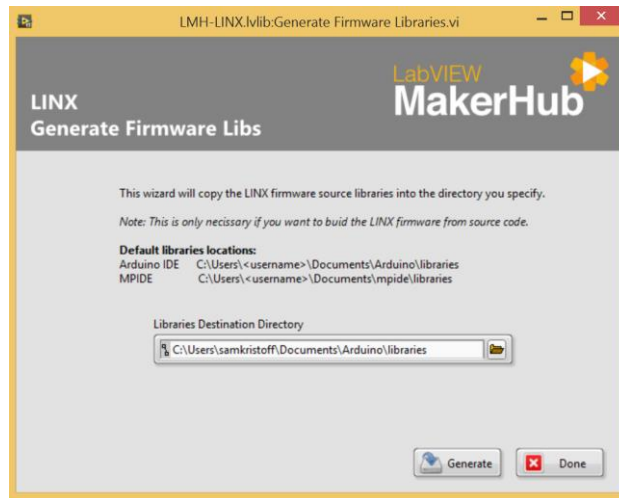


Figura 3. 22. Compilar para generar librerías.
Elaborado por: Autor.

- Abrir **Arduino IDE**, ir a File>Ejemplo>Linx>Arduino Leonardo y abrir el ejemplo de la librería.

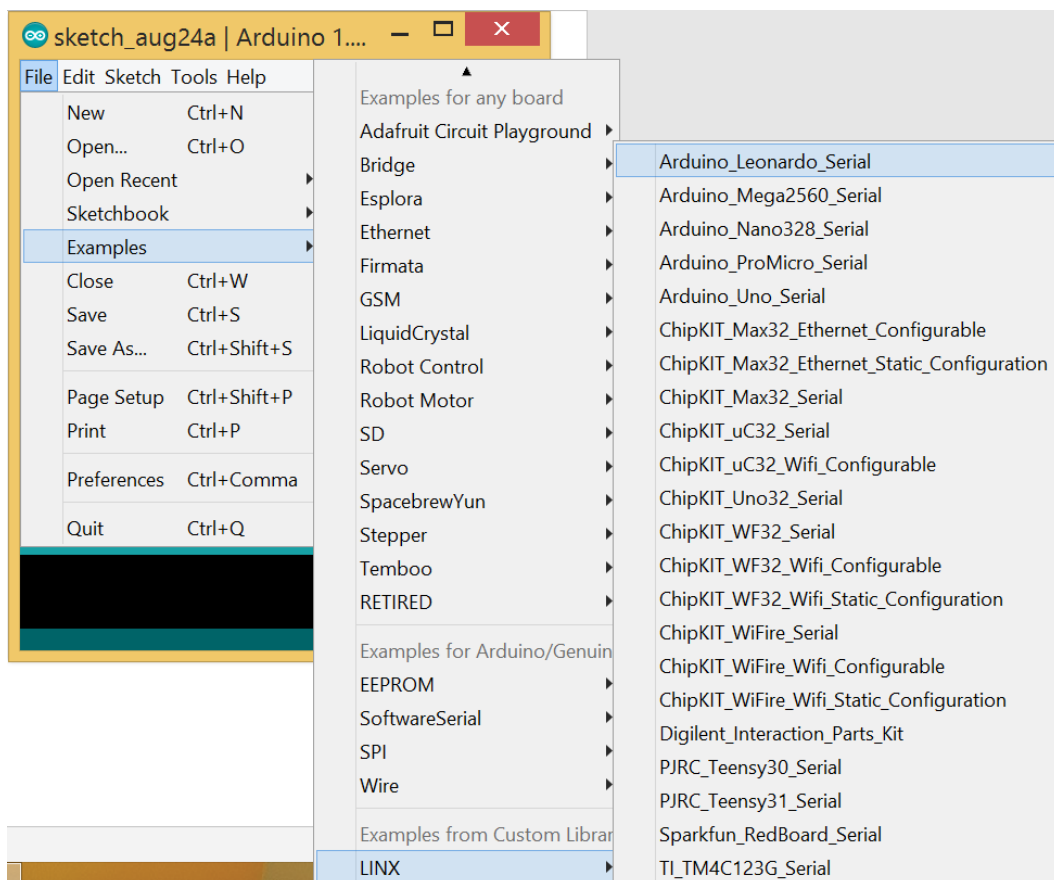


Figura 3. 23. Librería Linx en Arduino.
Elaborado por: Autor.

- Cargar la librería a la tarjeta.

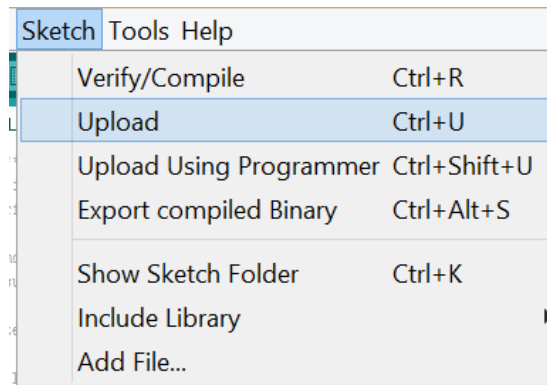


Figura 3. 24. Cargar librerías en el atmega32a.
Elaborado por: Autor.

- Abrir el programa LabVIEW para luego ingresar al control diagrama y buscar la herramienta Linx

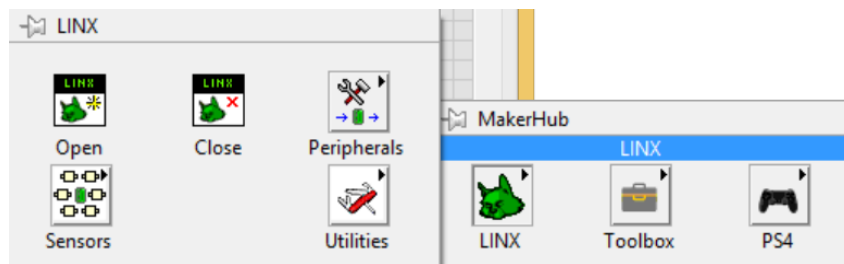


Figura 3. 25. Herramienta LINX.
Elaborado por: Autor.

- Crear el icono que establecerá la conexión entre la LattePanda y el atmega32(Arduino Leonardo).

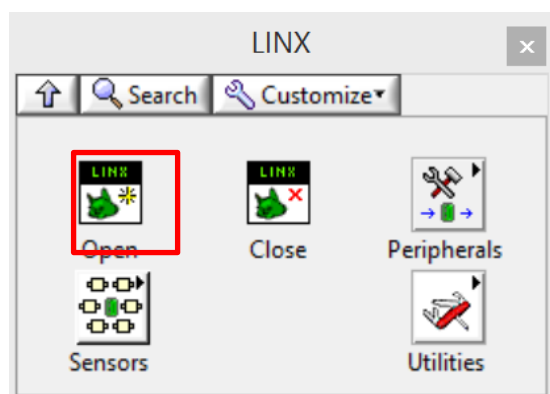


Figura 3. 26. Herramienta para abrir conexión entre LabVIEW y atmega32.
Elaborado por: Autor.

- Crear el icono de adquisición de datos para la señal del sensor ultrasónico en sensores.

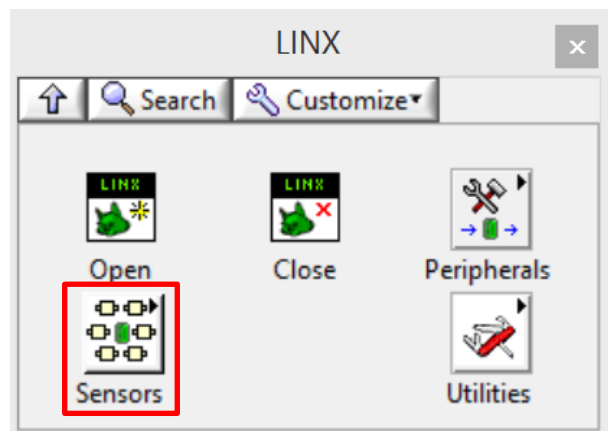


Figura 3. 27. Herramientas Linx sensor
Elaborado por: Autor

- Seleccionar la herramienta de distancia para buscar el sensor que se usara para la lectura.

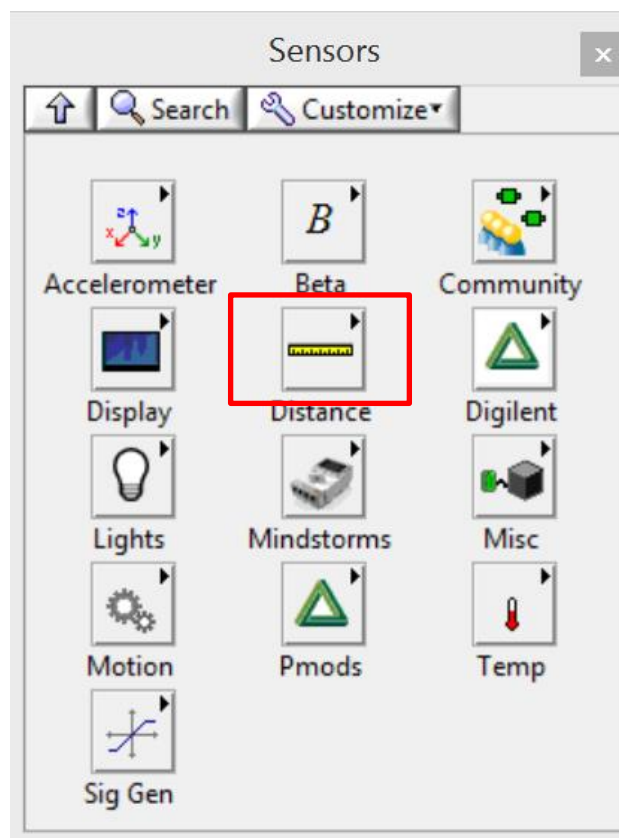


Figura 3. 28. Herramientas Distancia en Linx
Elaborado por: Autor

- Abrir la herramienta de Ultrasonido y seleccionar el modo de lectura.

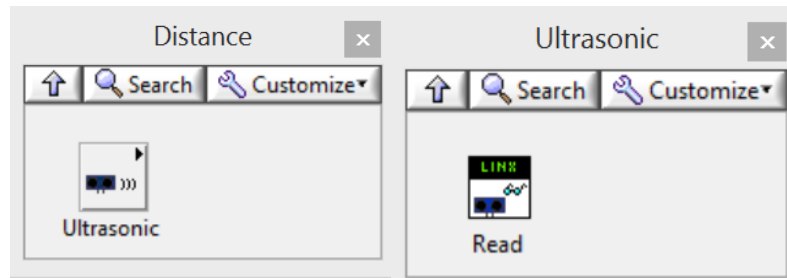


Figura 3. 29. Herramientas Ultrasonido en Linx
Elaborado por: Autor

- Asignar los pines de entrada para el pin de echo y el trigger conectado a la LattePanda en los pines 2 y 3.

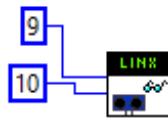


Figura 3. 30. Configuración del sensor
Elaborado por: Autor

- Asignar el puerto COM para la conexión.

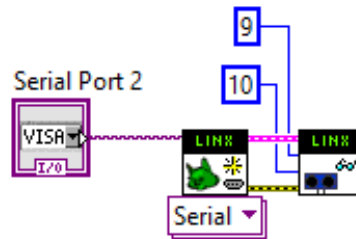


Figura 3. 31. Configuración del puerto de comunicación
Elaborado por: Autor

- Crear la variable para visualizar el resultado del llenado del tanque.

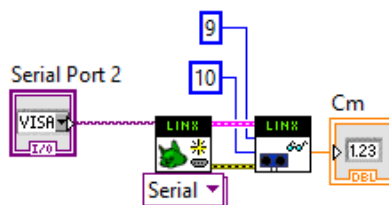


Figura 3. 32. Creación de variable de almacenamiento para distancia
Elaborado por: Autor

- Agregar un lazo de bucle para que la ejecución sea infinita hasta recibir la señal de paro.

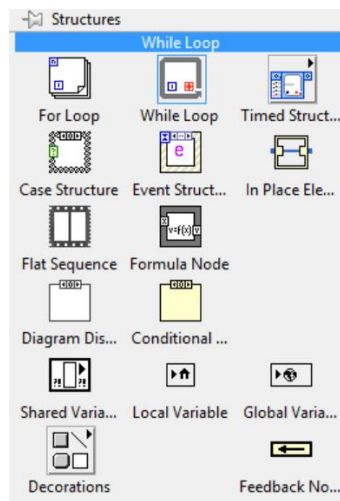


Figura 3. 33. Bloque de repetición
Elaborado por: Autor

- Agregar un botón de paro general del Vi.

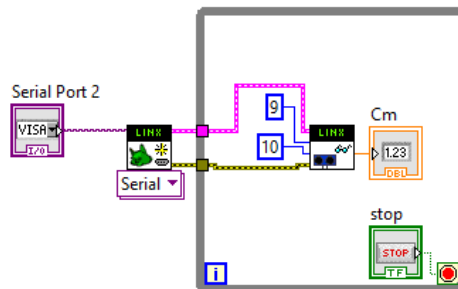


Figura 3. 34. Configuración de paro de sistema
Elaborado por: Autor

- Crear el icono para finalización de conexión.

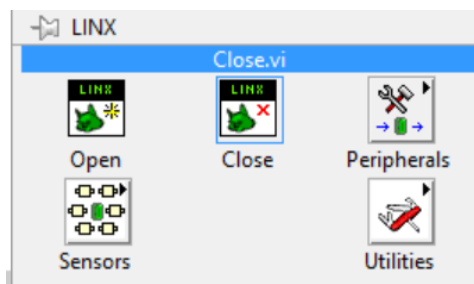


Figura 3. 35. Creación de bloque de cierre de conexión
Elaborado por: Autor

- Crear un registro de desplazamiento para le ejecución estable de las librerías.

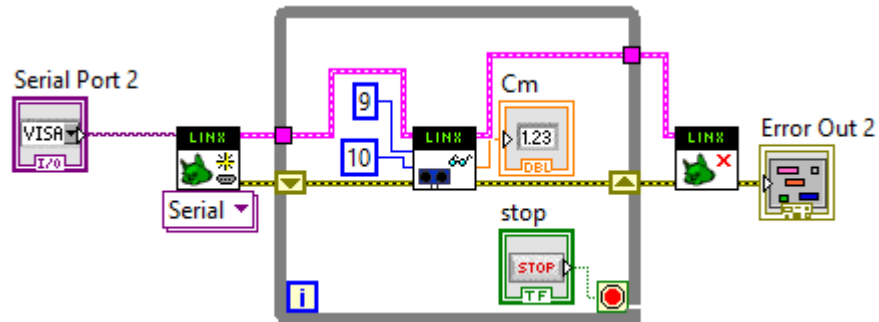


Figura 3. 36. Configuración de registro de desplazamiento
Elaborado por: Autor

- Agregar el bloque PID.

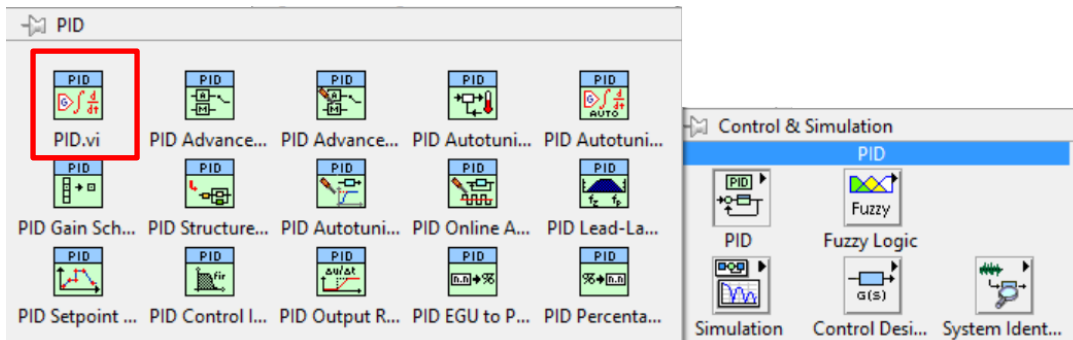


Figura 3. 37. Creación del bloque PID para control de nivel
Elaborado por: Autor

- Conectar la variable del sensor de distancia a la variable del proceso PID.

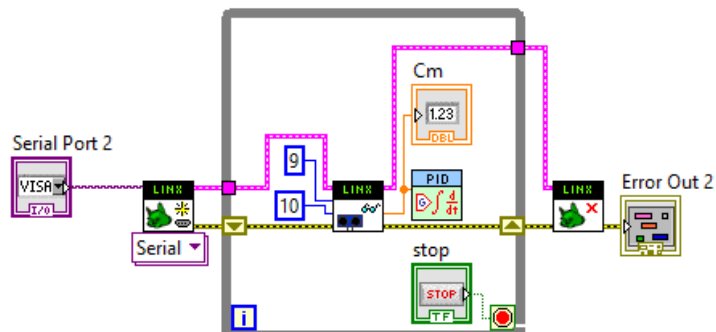


Figura 3. 38. Conexión de la variable de temperatura con el bloque PID
Elaborado por: Autor

- Crear las variables de las ganancias del PID.

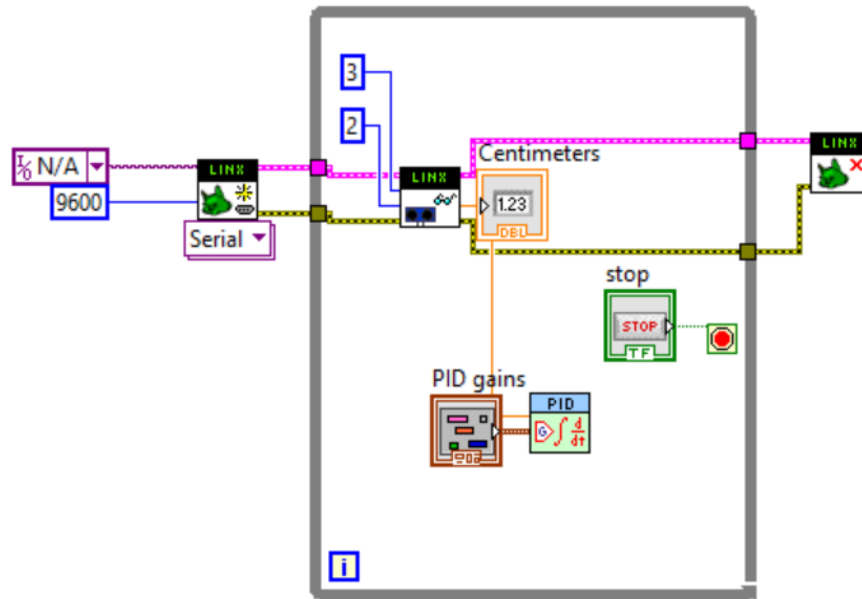


Figura 3. 39. Configuración de las ganancias del bloque PID
Elaborado por: Autor

- Crear la variable para la referencia, los límites del controlador PID.

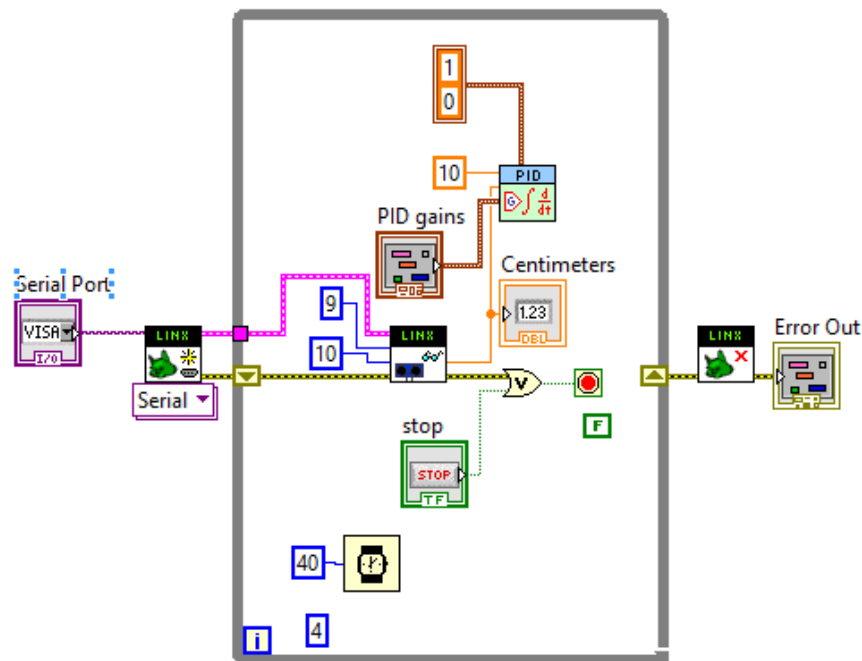


Figura 3. 40. Configuración del punto de referencia para el PID
Elaborado por: Autor

- Crear las variables de control para el motor CC o bomba, consta de un pin digital el cual escribirá un valor booleano.

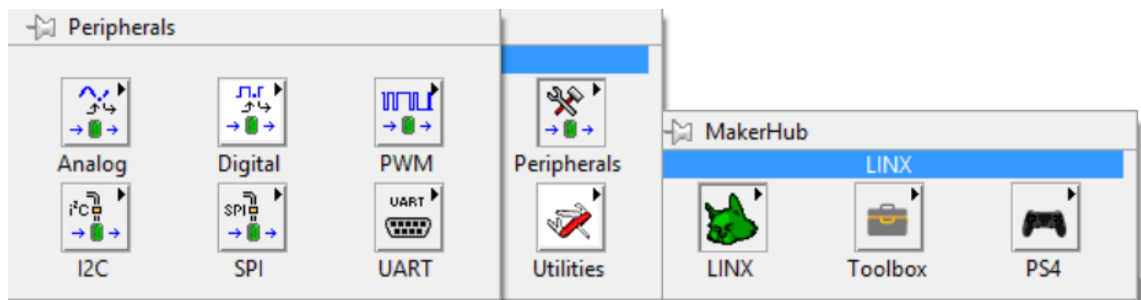


Figura 3. 41. Creación del pin digital para encendido y apagado
Elaborado por: Autor

- Para el control de la bomba se ejecutará mediante un control de potencia el cual será el VNH2P30 la conexión se representa en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2. Conexión entre LattePanda y driver VNH2P30

LattePanda	VNH2P30
GPIO 5	PWM
GPIO 4	BIN
GPIO 3	AIN
NC	CS
GPIO 8	EN

Elaborado por: Autor

- En la figura 3.42. se muestra físicamente la conexión entre LattePanda y el VNH2P30.

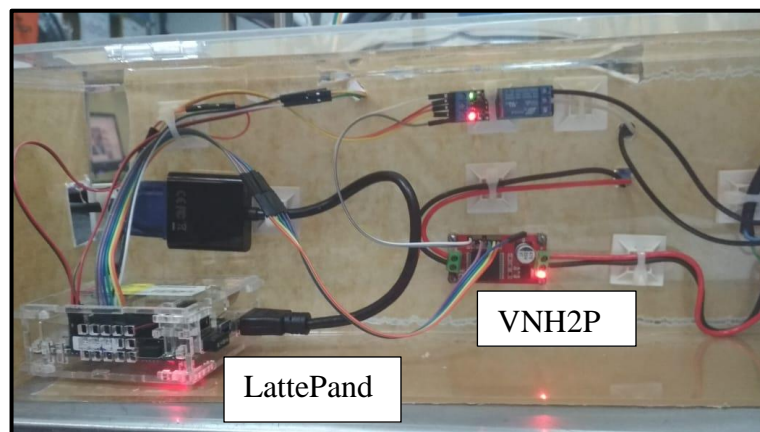


Figura 3. 42. Conexión entre LattePanda y driver VNH2P30
Elaborado por: Autor

- Se crean los métodos de escritura digitales para el control del VNH2P30 creando un pin digital.

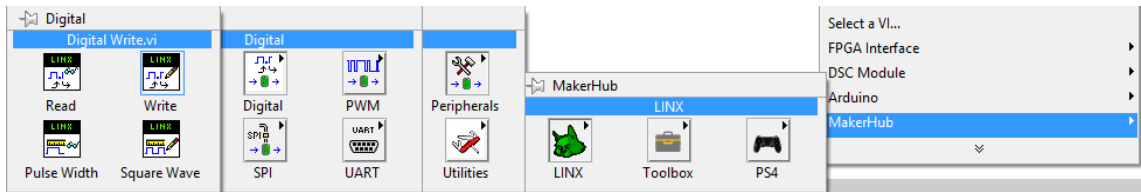


Figura 3. 43. Creación de pin digital como escritura
Elaborado por: Autor

- Se crea 3 métodos de escritura digital para el BIN, AIN, EN.

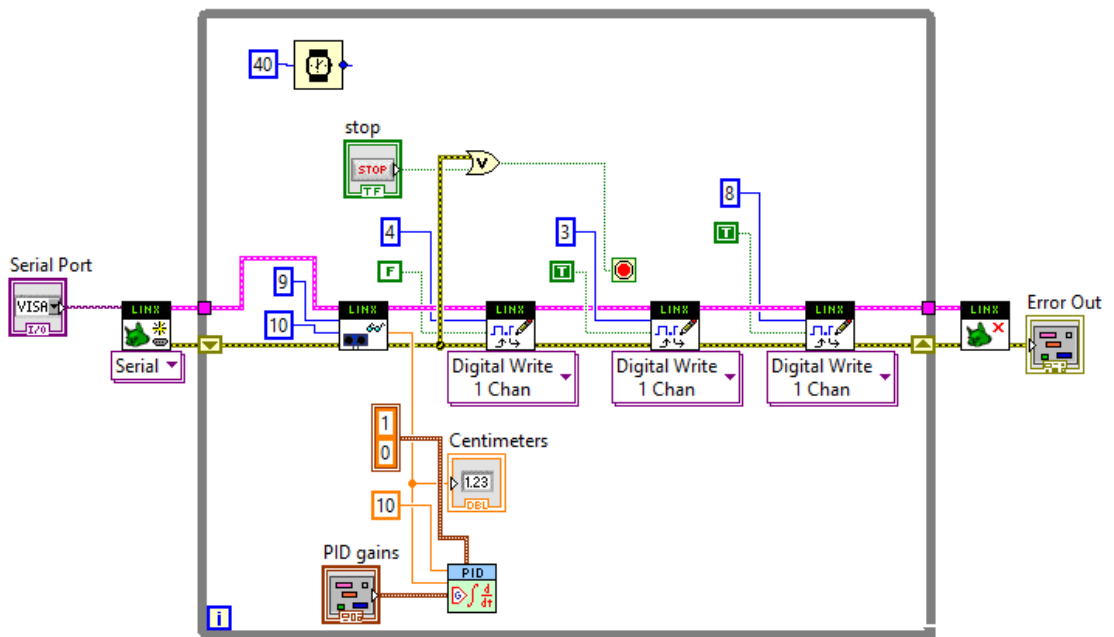


Figura 3. 44. Creación de pines de control
Elaborado por: Autor

- Se inicia un nuevo bloque para escritura de ancho pulso para el pin PWM del controlador del motor.

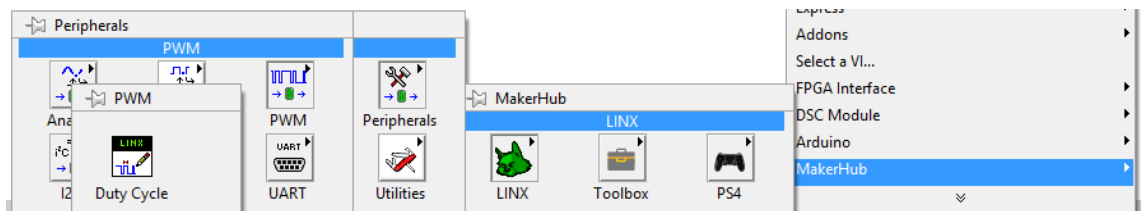


Figura 3. 45. Creación de bloque Pwm
Elaborado por: Autor

- Se conecta a los bloques de control ya establecido mediante una conexión en serie teniendo como punto de operación la salida del PID.

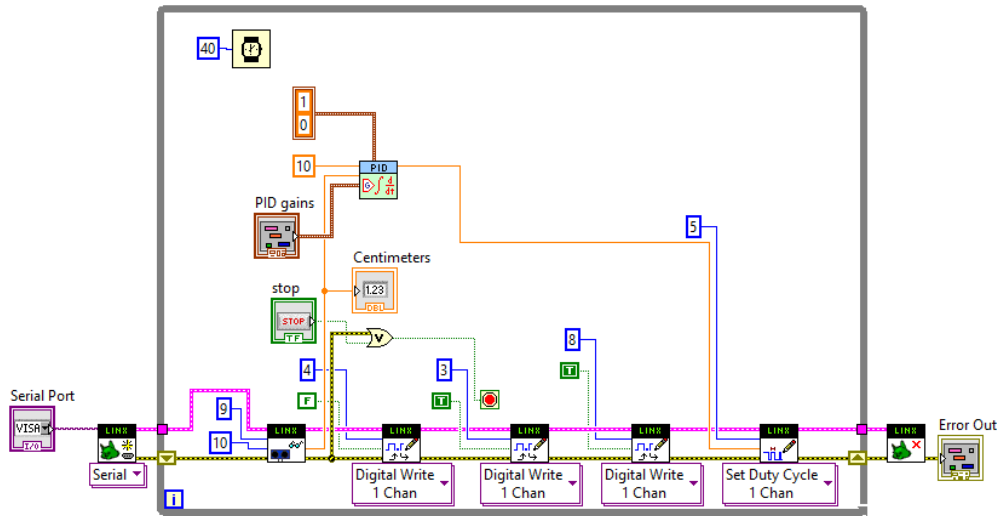


Figura 3. 46. Conexión del bloque Pwm
Elaborado por: Autor

- Para el control de la resistencia térmica se procederá a usar un relé de 1 canal para el control el diagrama de conexión se muestra en la tabla 3.3 y como se muestra en la Figura 3. 47.

Tabla 3. 3. Conexión entre LattePanda y relé

LattePanda	Relé
GPIO 7	Habilitador

Elaborado por: Autor

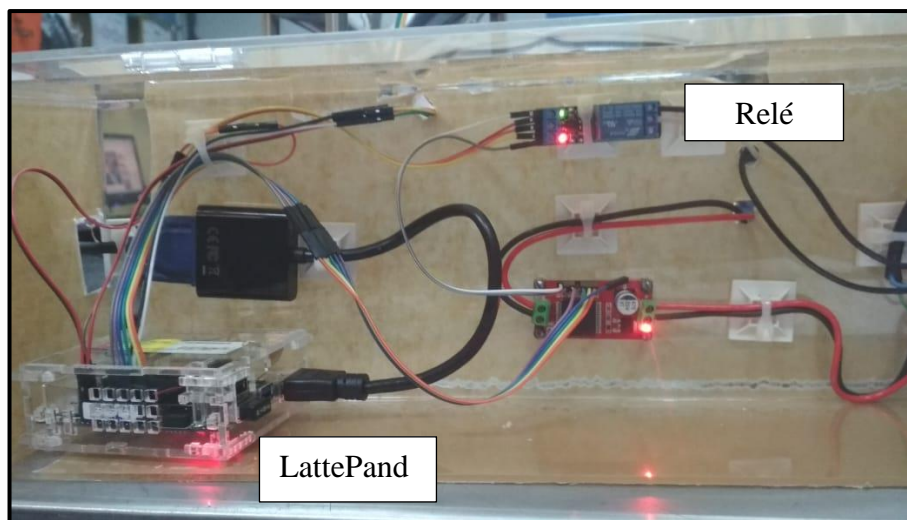


Figura 3. 47. Conexión entre LattePanda y relé
Elaborado por: Autor

- Se crea un bloque de escritura digital para el control del relé.

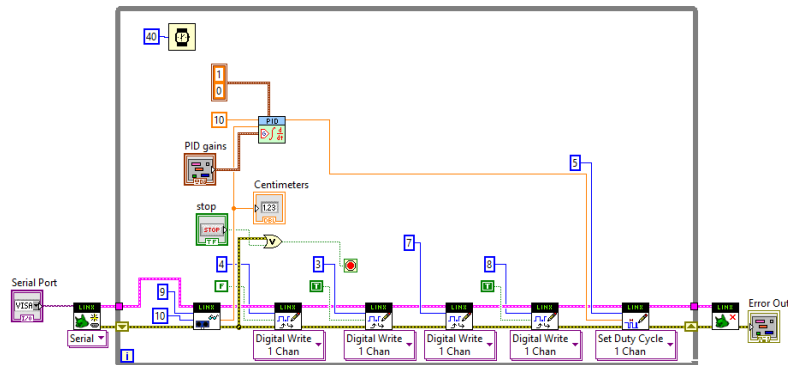


Figura 3. 48. Creación del control del relé.
Elaborado por: Autor.

- Para la instrumentación de la lectura análoga se usa un puerto análogo de la LattePanda conectado a un Im35 que estará en el tanque.

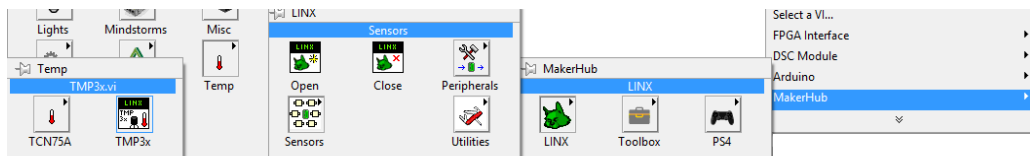


Figura 3. 49. Creación de la lectura del Im35
Elaborado por: Autor

- Se une el nuevo bloque de lectura y se realiza una comparación con la temperatura setado de esta forma se controlará la salida del relé y se realizará una histéresis para la temperatura deseada.

Tabla 3. 4. Conexión entre LattePanda y relé

LattePanda	Lm35
GPIO A0	Salida

Elaborado por: Autor

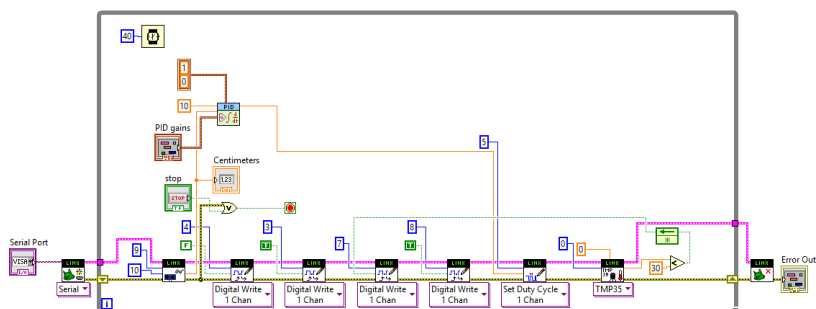


Figura 3. 50. Control de la temperatura
Elaborado por: Autor

- La interfaz del sistema se la representa de la siguiente manera como se muestra en la Figura 3. 51.



Figura 3. 51. Interfaz del sistema
Elaborado por: Autor

- Al vi se le agrega la pantalla donde se graficará la iteración de las variables físicas.

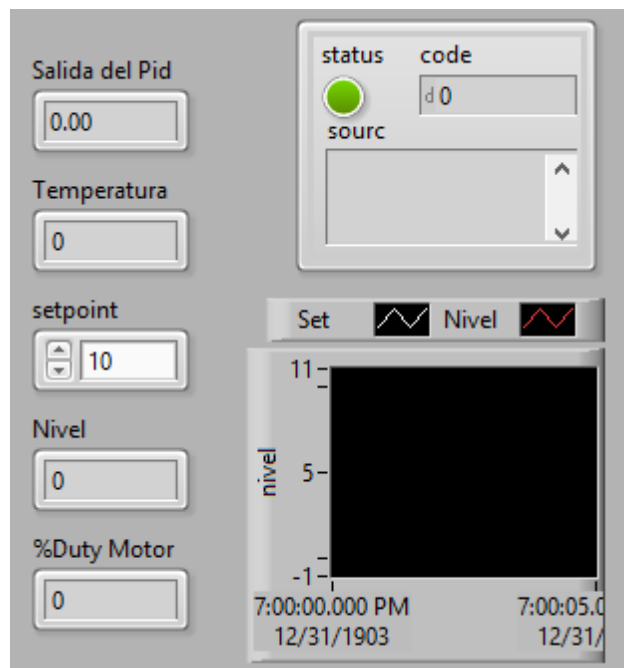


Figura 3. 52. Interfaz del Vi con pantallas
Elaborado por: Autor

- El bloque de diagrama final es el mostrado en la Figura 3. 53.

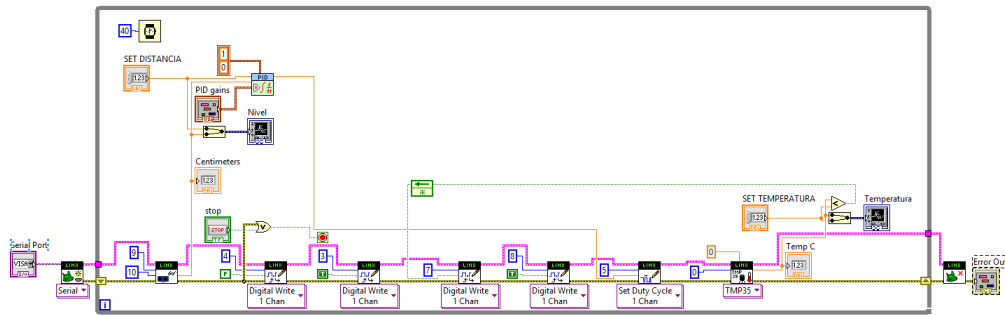


Figura 3. 53. Diagrama de control Vi
Elaborado por: Autor

- En la Figura 3.54 se observa la temperatura en la que se encuentra el producto durante el tiempo (sg) de calentamiento.

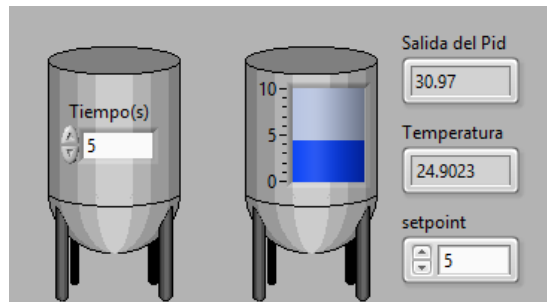


Figura 3. 54. Visualización del tiempo y temperatura del producto
Elaborado por: Autor

- En la Figura 3. 55 se observa el set point del nivel vs el nivel actual en el cual se basa la salida del PID con la potencia que tiene la bomba para llegar al set point.

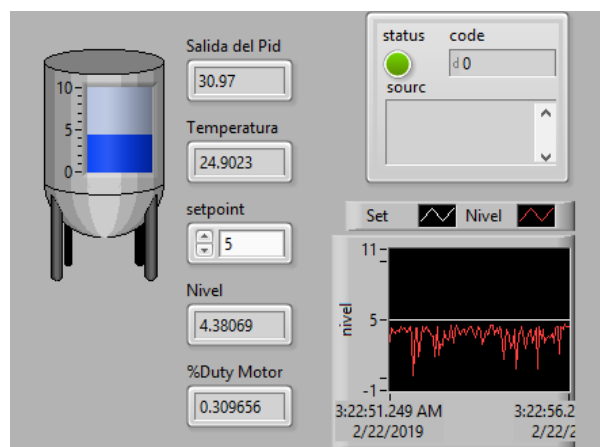


Figura 3. 55. Gráfica de nivel
Elaborado por: Autor

- En la siguiente Figura 3. 56. se observa la pantalla de configuración de las ganancias del set point.

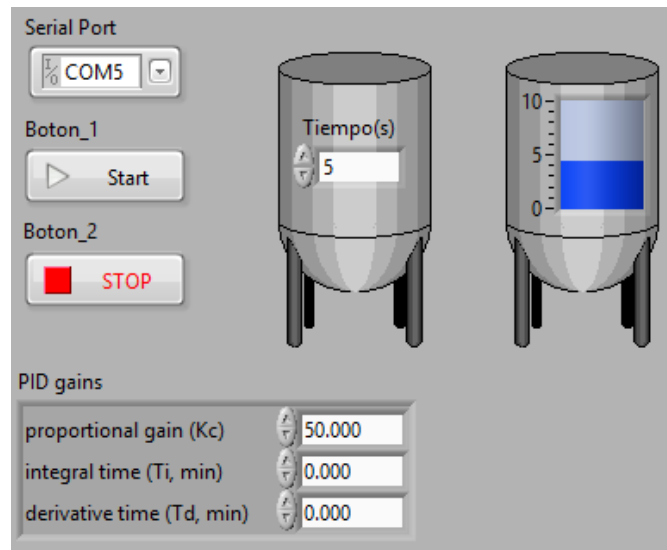


Figura 3. 56. Grafica de la pantalla de configuración del PID
Elaborado por: Autor

- A continuación, se mostrará la planta en funcionamiento.



Figura 3. 57. Funcionamiento de la planta
Elaborado por: Autor

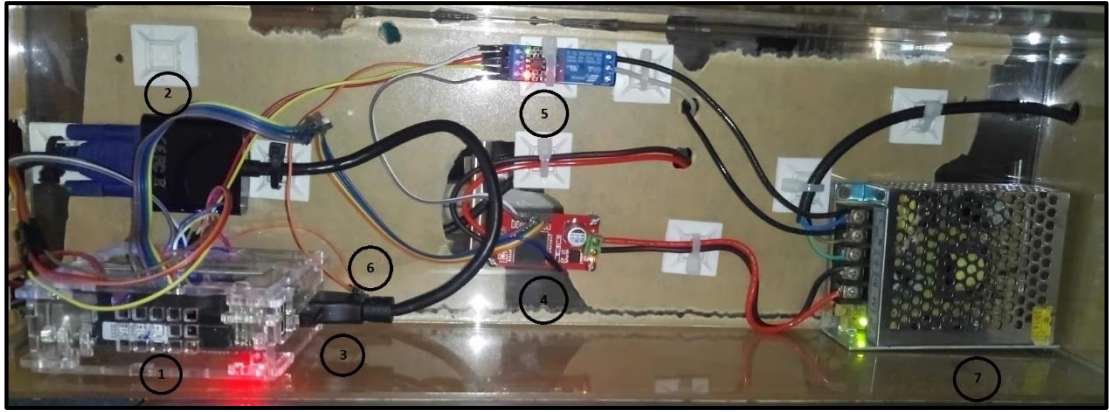


Figura 3. 58. 1. Tarjeta LattePanda, 2. Convertidor HDMI-VGA, 3. Puerto USB para mouse y teclado, 4. Puente H, 5. Relé, 6. Puerto de conexión del monitor-HDMI, 7. Fuente de alimentación

Elaborado por: Autor



Figura 3. 59. 1. Termoresistencia, 2. Sensor Ultrasónico

Elaborado por: Autor

3.4.2. Análisis de resultados

Con la finalización de los capítulos anteriormente desarrollados donde se concluye el diseño e implementación de todo el software y hardware de la planta, a continuación, se realizó pruebas a tiempo real para medir su efectividad.

3.4.3. Pruebas y configuración del PID

- Para el análisis se configura los parámetros requeridos, el tiempo de calentamiento y el control de nivel para lo cual se comienza con el tanque de trabajo a un nivel 1 y el de almacenamiento totalmente lleno como se observa en la Figura. 3. 60. con un tiempo de calentamiento de 5 (sg).

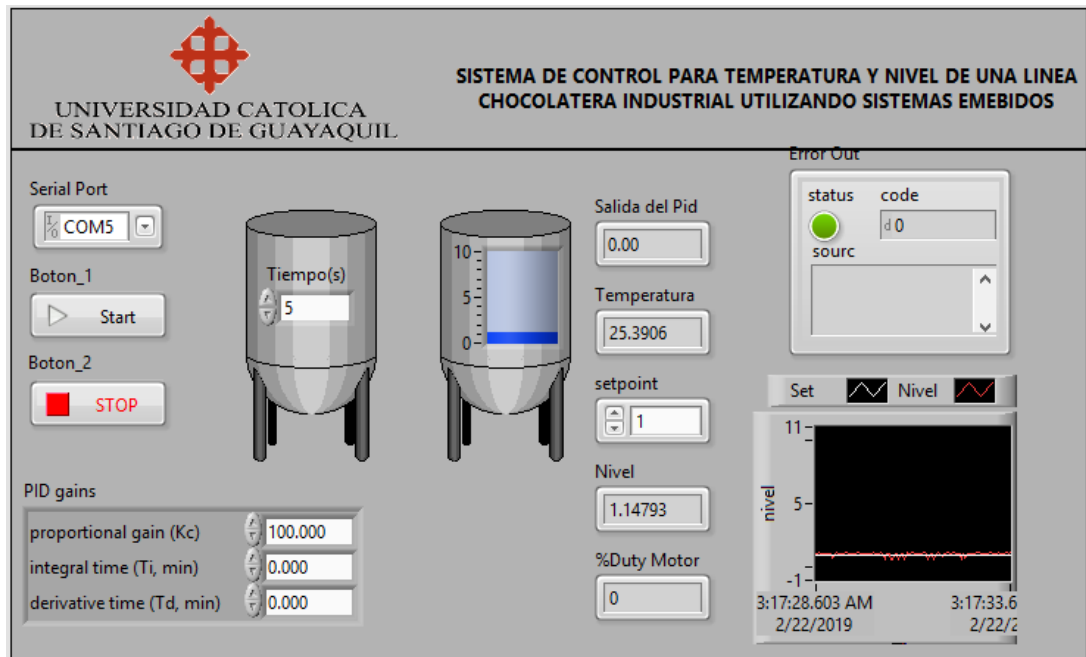


Figura 3. 60. Parámetros iniciales
Elaborado por: Autor



Figura 3. 61. Visualización de los tanques en estado inicial.
Elaborado: Autor

- Como se observa en la Figura 3. 62 se utiliza un controlador Proporcional Derivativo que son 50.000 proporcional, 10.000 integrador, 0.0 derivativo, esta prueba fue elaborada a un setpoint de nivel 7 por un tiempo de 5sg. De los valores iniciales que se obtenga del setpoint se toma como referencia para realizar la calibración de la planta o como también se lo conoce al método de sintonización por resultados al escalón de Ziegler Nichols

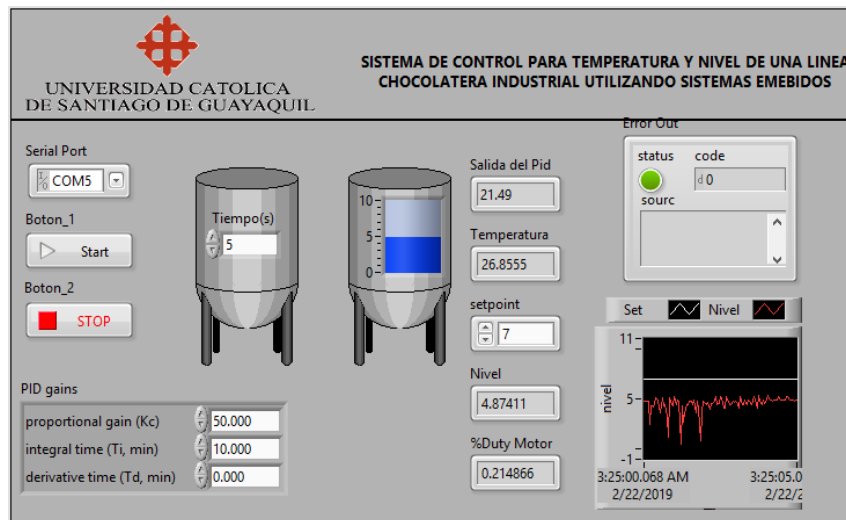


Figura 3. 62. Valores de referencia PID
Elaborado por: Autor

- Como se puede apreciar en la gráfica el controlador presenta muchas perturbaciones, por lo que se obtienen picos muy elevados y no representa una estabilización precisa, de igual forma se observa que el nivel inicial del tanque el %Duty Motor de la bomba es 0.214866 de capacidad por lo que no tiene la ganancia suficiente para estabilizarlo por consiguiente procederemos a incrementar el Proporcional y disminuir el integral por las perturbaciones que existe.

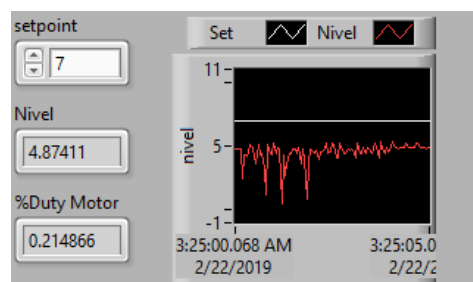


Figura 3. 63. Gráfica del controlador PID
Elaborado por: Autor

- Como se puede observar en la Figura 3.69. el controlador trabaja de manera eficiente llegando al setpoint en 29 (sg) con un proporcional de 100.000, con esto quedaría el derivativo e integral en cero de esta manera se puede evitar el ruido y control más estable como se puede observar en la Figura 3.70.

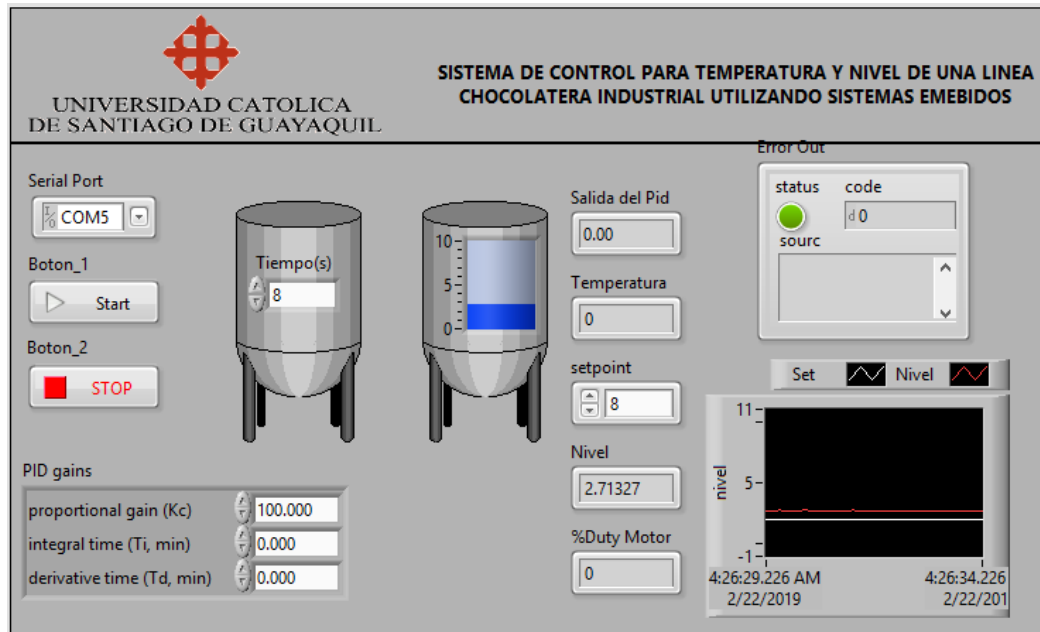


Figura 3. 64. Configuración eficiente del PID
Elaborado por: Autor

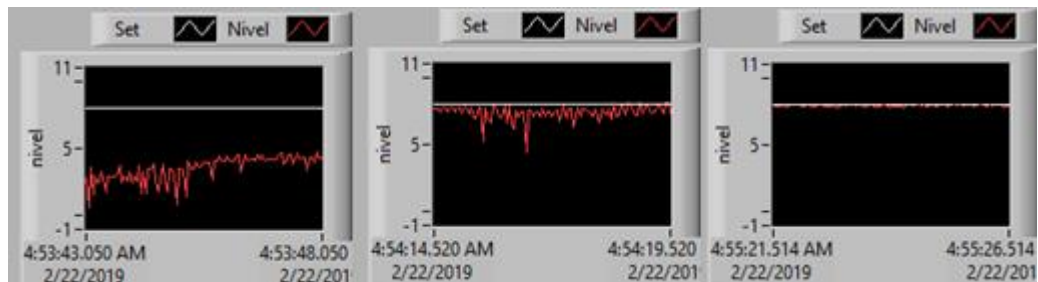


Figura 3. 65. Graficas del controlador PID
Elaborado por: Autor

3.4.4. Resultados

- El control mediante LattePanda logra un enlace en tiempo real con la instrumentación aplicada a la planta del proceso.
- La librería Linx usa iteraciones en intervalos cortos de tiempo logrando un control eficaz.
- El controlador de motor soporta bien las corrientes y los altos de tensión evitando algún ruido al controlador.
- La LattePanda ayuda por su entorno amigable al usuario a la programación de este.
- La respuesta del control PID es satisfactoria para la planta.

Recomendaciones del sistema.

- Evitar algún elemento que genere ruido al controlador.
- Conectar una fuente conmutada evitando algún pico de tensión que averíe algún periférico usado.
- Tener la etapa de control sellada para evitar alguna entrada de líquido al embebido.
- Precautelar el exceso de nivel de agua en el tanque de reservorio.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones

- En concordancia con los objetivos planteados, la implementación de este tipo de sistema describe la teoría de control y elementos involucrados en el proceso, siendo una alternativa de mejora para la problemática en la elaboración del chocolate.
- El diseño de un modelo simplificado y demostrativo del proceso ayuda de esta manera el aprendizaje e innovación de nuevas tecnologías y sirve de motor para nuevas investigaciones implementando nuevas teorías.
- La elaboración del software en LabVIEW para el control de nivel y temperatura, sirvió como herramienta clave por su fácil manejo mediante la programación en bloques.

4.2. Recomendaciones

- El uso de LabVIEW como programa en la realización y programación de la interfaz, siendo este un software sencillo y útil para el análisis de los parámetros de un proceso determinado.
- Se recomienda realizar varias pruebas de funcionamiento con los sensores y los diferentes periféricos de control que conforman el proceso, realizar el respectivo mantenimiento preventivo para evitar averías y no tener inconvenientes a la hora de trabajar en la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. L. P. (2013). Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos y sistemas de visión, en bienes de equipo y maquinaria industrial. FMEE0208. IC Editorial.
- Ángel, S. P. M., & Javier, L. P. C. (2013). PROGRAMACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTA CON CONTROL NUMÉRICO. Editorial UNED.
- Arduino Leonardo with Headers. (s/f). Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://store.arduino.cc/usa/leonardo>
- Areny, R. P. (1993). Adquisición y distribución de señales. Marcombo.
- Azurra, D., Rodríguez, D. (s/f). Arquitecturas de Sistemas Embebidos utilizables en robótica autónoma, 5.
- Baxter, L. K. (1996). Capacitive Sensors: Design and Applications. John Wiley & Sons.
- Beckett, S. T. (2012). Industrial Chocolate Manufacture and Use. Springer Science & Business Media.
- Bequette, B. W. (2003). Process Control: Modeling, Design, and Simulation. Prentice Hall Professional.
- BERDIN. (s/f). Recuperado de <http://www.berdin.com/automatizacion-industrial/>
- Bolton, W. (2006). Programmable Logic Controllers. Newnes.
- CARRILLO, P. R. (2018). Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas. Ediciones Paraninfo, S.A.
- CASTELLÓ, M. C. J., & ORTIZ, M. P. M. (2015). Termodinámica Técnica. Ediciones Paraninfo, S.A.

- Castro, S. G. (1998). Teoría de control: diseño electrónico. Univ. Politèc. de Catalunya.
- Cherta, M. C. (1995). Curso moderno de máquinas eléctricas rotativas. Reverte.
- Craig, J. J. (2006). Robótica. México: Pearson Prentice Hall.
- Cusido, A. R. (2014). Control automático de procesos industriales: Con prácticas de simulación y análisis por ordenador PC. Ediciones Díaz de Santos.
- DFRobot. (s/f). LattePanda. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de https://create.arduino.cc/projecthub/lmetomi/use-the-force-or-your-brainwaves-9e839b?use_route=project
- Educación, M. de. (1996). El relé. La motivación y el aprendizaje. Ministerio de Educación.
- EMAZE. (2013). Recuperado de <https://www.emaze.com/@ALFILWWW>
- FILIU, L. M. C. (2014). Instalaciones eléctricas y automatismos. Ediciones Paraninfo, S.A.
- García, R. P. Ñ. (2013). Apuntes de sistemas de control. Editorial Club Universitario.
- Gilberto, E. (2000). EL ABC DE LA INSTRUMENTACIÓN EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES. Editorial Limusa.
- González, G. D., Álvarez, A. B., & Fernández, J. G.-A. (2002). Variación de la velocidad de los motores eléctricos. Universidad de Oviedo.
- Grivetti, L. E., & Shapiro, H.-Y. (2011). Chocolate: History, Culture, and Heritage. John Wiley & Sons.
- Groover, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. Pearson Educación.

- Harper, G. E. (2000). Curso de transformadores y motores de inducción. Editorial Limusa.
- Harper, G. E. (2005). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas, residenciales, industriales y comerciales / Guide for Design of Residential, Industrial and Commercial Electrical Installations. Editorial Limusa.
- Herranz, G. S., & Oliva, A. C. (2009). Electrotecnia. Editex.
- Higuera, A. G. (2005). El control automático en la industria. Univ de Castilla La Mancha.
- Iniewski, K. (2017). Optical, Acoustic, Magnetic, and Mechanical Sensor Technologies. CRC Press.
- Introducción a los sistemas embebidos. (2018, febrero 8). Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://www.incibe-cert.es/blog/introduccion-los-sistemas-embebidos>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. Pearson Educación.
- Kelly, J. F., & Daudelin, J. (2008). FIRST LEGO League: The Unofficial Guide. No Starch Press.
- Kosow, I. L. (1977). Control de máquinas eléctricas. Reverte.
- Kuo, B. C. (1996). Sistemas de control automático. Pearson Educación.
- Lamb, F. (2013). Industrial Automation: Hands On. McGraw Hill Professional.
- Llopis, R. S. (2010). Automatización industrial, 258.
- Los sensores en el automóvil. (2002). Reverte.
- Lucía Chacón Alvarado. (2002). Automatización de la Biblioteca (Primera edición). San José, Costa Rica: Interamericana. Informática Presente. Recuperado de

https://books.google.com/books/about/Automatizaci%C3%B3n_de_la_Biblioteca.html?hl=es&id=sn17yKx4UwwC

Martín, J. C., & García, M. P. (2016). Arranque y variación de velocidad en motores (Automatismos industriales). Editex.

material 2 Hardware y Software.pdf. (s/f). Recuperado de <http://www.chaparral-tolima.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/PublishingImages/Paginas/autocapacitaciones-talento-humano-tic-gel-alcaldia-chaparral-tolima/material%20%20Hardware%20y%20Software.pdf>

Mehra, R. (2012). PLCs & SCADA : Theory and Practice. Laxmi Publications.

Millahual, C. P. (2017). Arduino - De Cero a Experto: Proyectos Prácticos - Electrónica, hardware y programación. RedUsers.

Módulo Relay 1CH 5VDC. (s/f). Recuperado el 15 de marzo de 2019, de <https://naylorlampmechatronics.com/drivers/297-modulo-relay-1-canal-5vdc.html>

National Instruments. (s/f). Recuperado el 14 de marzo de 2019, de <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

Ogata, K. (2003). Ingeniería de control moderna. Pearson Educación.

Orcajo, G. A., Cabanas, M. F., & Melero, M. G. (1998). Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas. Marcombo.

Paz, G. M. E. B. (2014). Metodología de la Investigación. Grupo Editorial Patria.

Pena, M., & Pardal, J. (2015). Arduino y Node.js. Moncho Pena.

Pérez, E. M. (2007). Microcontroladores PIC: sistema integrado para el autoaprendizaje. Marcombo.

- Pérez, F. E. V., & Areny, R. P. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. Marcombo.
- Plank, R. (1984). El empleo del frío en la industria de la alimentación. Reverte.
- Puerto, K. (2016, julio 7). LattePanda es un PC con Windows 10 que cabe en la palma de la mano y nos deja jugar con Arduino. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://www.xataka.com/makers/lattepanda-es-un-pc-con-windows-10-que-cabe-en-la-palma-de-la-mano-y-nos-deja-jugar-con-arduino>
- Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014). Sensores y Actuadores. Grupo Editorial Patria.
- Rashid, M. H. (2004). Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones. Pearson Educación.
- Raúl Sánchez Vítores. (s/f). Sistemas Embebidos. 29/01/2015.
- Rolle, K. C. (2006). Termodinámica. Pearson Educación.
- Salvador, A. G. (1988). Introducción a la neumática. Marcombo.
- Sánchez, J. A. (2006). Instrumentación y control avanzado de procesos. Ediciones Díaz de Santos.
- Sánchez, J. A. S. (2002). Avances en robótica y visión por computador. Univ de Castilla La Mancha.
- Santiago Castillo. (s/f). MOTOR UNIERSAL. Recuperado de <https://sites.google.com/site/santirrazocultor/motor-universal>
- Schneider. (s/f). Manual del sistema de automatización S7-200. Recuperado de <https://pulcrukciri.cf/software-ciu-200-modbus>
- Sevilla, J. M. O. (2007). La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica, 6.

- SOLÉ, A. C. (2012). Instrumentación Industrial. Marcombo.
- Solé, A. C. (2012). Neumatica e Hidráulica. Marcombo.
- Sonda temperatura Pt100, Pt1000. Conatec. (s/f). Recuperado el 29 de julio de 2018, de <http://www.conatec.com/conatec/de/sonda-temperatura-pt100-pt1000.asp?nombre=2495&cod=2495&sesion=1>
- Suck, A. T., & Rivas-Torres, R. (1995). Manual de investigación documental: elaboración de tesinas. Universidad Iberoamericana.
- Tandeske, D. (1990). Pressure Sensors: Selection and Application. CRC Press.
- Taucher, E. (1997). Bioestadística. Editorial Universitaria.
- Teja, S. M. (1995). Automatización neumática y electroneumática. Marcombo.
- Torrens, P. C., & Tous, R. B. (2005). Máquinas eléctricas: aplicaciones de ingeniería eléctrica a instalaciones navales y marinas: prácticas. Univ. Politèc. de Catalunya.
- VAZQUEZ, S. G. (s/f). Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Vizcaíno, J. R. L., & Sebastián, J. P. (2011). Labview: entorno gráfico de programación. Marcombo.
- VNH2SP30 MOTOR DRIVER. (2018, octubre 17). Recuperado el 15 de marzo de 2019, de <http://empor.cc/vnh2sp30-motor-63/>
- VNH2SP30 MOTOR DRIVER FOR WINDOWS XP. (2018, octubre 18). Recuperado el 15 de marzo de 2019, de <http://sharpminds.live/vnh2sp30-motor-32/>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael** con C.C: # 0703815084 autor del Trabajo de Titulación: **Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismos** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 11 de Marzo del 2019

f. _____

Nombre: **Chuchuca Martínez, Víctor Rafael**

C.C: **0703815084**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos.		
AUTOR(ES)	Chuchuca Martínez, Víctor Rafael		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Msc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de Marzo de 2019	No. DE PÁGINAS:	94
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas Embebidos, Microcontroladores, Automatización Industrial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sistemas embebidos, Microcontroladores, Automatización industrial, Periféricos, Tarjeta de relé, Sensor ultrasónico hc-sr04.		
RESUMEN/ABSTRACT	<p>Uno de los requerimientos para la elaboración del chocolate es el tiempo de calentamiento y abastecimiento de materia prima en las máquinas de trabajo, para la verificación de estos parámetros el operario usualmente toma muestra manual de la temperatura del producto y de forma visual el abastecimiento del chocolate. El proceso involucra tiempo empleado hasta antes de poner en marcha la máquina, un alto costo de sobretiempo, por lo que conlleva ofrecer una mejoría en el proceso e implementación. El presente trabajo de titulación se diseña un sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial, utilizando sistemas embebidos mediante una tarjeta de control. A través de una maqueta del proceso se diseñará de manera didáctica la automatización usando una programación e interfaz fácil para el usuario, también permitirá experimentar y analizar la eficiencia con la que trabaja la planta a tiempo real. Para lo expuesto anteriormente, se utiliza la metodología de investigación documental en la cual se realiza la búsqueda actualizada de información en diferentes fuentes de información como artículos, revistas, informes, trabajos de tesis anteriores con referencia a los componentes electrónicos y variables que involucran al proceso de implementación. Experimental comprobando la eficiencia de este tipo de controladores realizando pruebas durante el proceso y descriptiva para el estudio de las variables que intervienen en el sistema. Se concluye en la adaptabilidad y eficiencia de control que tienen los sistemas embebidos para un uso industrial.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593959593005	E-mail: rafael.ch91@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente, Msc.		
	Teléfono: +593985086815		
	E-mail: eduardo.mendoza01@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			