

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y SINTONÍA DE UN EQUIPO
BAÑO MARÍA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE
BIBERONES”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

Bach. CARLOS RODRIGO GUTIERREZ MAMANI

Bach. JOEL CESAR MAMANI CHAMBILLA

TACNA- PERÚ

2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y SINTONÍA DE UN EQUIPO
BAÑO MARÍA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE
BIBERONES”**

Tesis sustentada y aprobada el 7 de julio de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mag. JOSÉ MARCIAL SUMARRIVA BUSTINZA

SECRETARIO : Mtro. CARLOS ARMANDO RODRÍGUEZ SILVA

VOCAL : Mag. ALEX JUAN YANQUI CONSTANCIO

ASESOR : Mtro. MARKO JESUS POLO CAMACHO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Carlos Rodrigo Gutierrez Mamani y Joel Cesar Mamani Chambilla, bachilleres, de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 73898596 y 48217642 respectivamente, así como Marko Jesús Polo Camacho con DNI 70445009; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *Diseño, Implementación y Sintonía de un equipo Baño María para el control de temperatura de biberones*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Electrónico*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicado ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debería ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 24 de marzo de 2023

.....
Bach. Carlos Rodrigo Gutierrez Mamani
DNI: 73898596

.....
Bach. Joel Cesar Mamani Chambilla
DNI: 48217642

.....
Mtro. Marko Jesús Polo Camacho
DNI: 70445009

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, familiares y amigos que me impulsaron a terminar este trabajo. Me estuvieron animando constantemente para poder culminarlo.

Joel César Mamani Chambilla

Este proyecto de tesis es dedicado a mis padres quienes brindaron su apoyo en momentos difíciles. Lo reflejamos en la perseverancia y esfuerzo en nuestras vidas. A su vez lo demostramos como un gran logro y felicidad para ellos.

Carlos Rodrigo Gutierrez Mamani

AGRADECIMIENTO

Agradecimientos a mis profesores de universidad que me brindaron sus conocimientos y visión del trabajo, mis profesores de primaria de quienes tengo gratos recuerdos, mis profesores de secundaria quienes me decían que los sueños se cumplen.

Joel César Mamani Chambilla

Agradezco a mis compañeros de trabajo que las cosas no se deben hacer con rapidez, sino que se debe hacer un trabajo correctamente y ponerle la mayor dedicación y pasión para que al final tengamos un increíble y viable trabajo experimentado.

Carlos Rodrigo Gutierrez Mamani

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción Del Problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Hipótesis	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes Del Estudio.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. Concepto de Equipo de Baño María	8
2.2.2. Partes de un Equipo de Baño María	10
2.2.3. Tipos de un Equipo de Baño María.....	10
2.2.4. Equipo de Baño María Analógico y Digital.....	11
2.2.5. Controles de un Equipo de Baño María	12
2.2.6. Clasificación de equipos de Baño María	13
2.2.7. Transferencia de calor	15
2.2.7.1. ¿Qué es Transferencia de Calor?	15
2.2.7.2. Historia de Transferencia de Calor.....	16
2.2.7.3. Mecanismos de Transferencia de Calor.....	16
2.2.7.4. Aislamiento Térmico.....	16

2.2.7.5. Unidades de medida de la transferencia de calor	17
2.2.8. Convección Térmica	17
2.2.8.1. Mecanismos de Convección	17
2.2.8.2. Convección como Conducción con movimiento de fluido	18
2.2.9. Controladores Industriales	18
2.2.9.1. Tipos de Controladores Industriales.....	18
2.2.9.2. Clasificación de los sistemas de control.....	19
2.2.9.3. Generación de Acciones de Control.....	20
2.2.9.4. Señal de referencia y señal de error	22
2.2.9.5. Métodos de Sintonización en Controladores.....	23
2.2.10. Termoelectricidad	24
2.2.10.1. Efecto Termoeléctrico	24
2.2.10.2. Efecto Seebeck	24
2.2.10.2.1 Efecto Peltier.....	24
2.2.10.2.2 Efecto Thompson.....	25
2.2.10.3 Dispositivos Termoeléctricos	25
2.2.11. Detectores de Temperatura	26
2.3. Definición de Términos.....	27
2.3.1. Set Point	27
2.3.2. Función de Transferencia	27
2.3.3. Optoacoplador	27
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. Diseño de la Investigación.....	28
3.2. Acciones y Actividades	28
3.3. Materiales y/o instrumentos	29
3.4. Población y/o muestra de estudio.....	30
3.5. Operacionalización de las Variables.....	30
3.6. Procesamiento y análisis estadístico	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	35
4.1. Descripción del Proceso	35
4.2. Diagrama de Conexión del Equipo Baño María	35
4.3. Diseño y Construcción de un equipo Baño María	36
4.3.1. Dimensionamiento de un Equipo Baño María en AutoCAD.....	36
4.3.2. Proceso de Construcción de un equipo Baño María.....	36
4.4. Sistema de Control	46
4.4.1. Sensor de Temperatura PT100.....	46
4.4.1.1. Descripción del PT100	46

4.4.1.2. Ventajas y Desventajas del PT100.....	48
4.4.1.3. Modos de Conexión.....	48
4.4.1.4. Autocalentamiento y corriente de excitación	50
4.4.2. Acoplamiento del relevador de estado sólido	51
4.4.2.1. ¿Qué es un relevador de estado sólido?.....	51
4.4.2.2. Funcionamiento del Relevador de estado sólido.....	52
4.4.3. Controlador de Temperatura	53
4.4.3.1. ¿Qué es un controlador de temperatura?	53
4.4.3.2. Funcionamiento de un Controlador de Temperatura.....	53
4.4.3.3. Control de ciclo multipropiedad y control de fase de la salida.....	56
4.5. Configuración del Controlador de Temperatura	57
4.6. Sintonización PID	65
4.6.1. Métodos por Tanteo	65
4.6.2. Método Ganancia Limite	74
4.6.3. Función de Transferencia	79
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Mantenimiento de equipos baño maría.....	9
Tabla 2. Principio de operación con resistencias.....	9
Tabla 3. Rango de temperaturas para baño maría	11
Tabla 4. Operacionalización de variables	30
Tabla 5. Cuadro comparativo de los modos de operación P, PI, PID.....	31
Tabla 6. Método de tanteo – Modo P.....	32
Tabla 7. Método de tanteo – Modo PI.....	32
Tabla 8. Método de tanteo – Modo PD	33
Tabla 9. Método de tanteo – Modo PID	33
Tabla 10. Método de Ganancia Limite – Modo P.....	33
Tabla 11. Método de Ganancia Limite – Modo PI.....	34
Tabla 12. Método de Ganancia Limite – Modo PID	34
Tabla 13. Ventajas y desventajas del pt100	47
Tabla 14. Ficha de datos del PT100	48
Tabla 15. Conversión del PT100.....	50
Tabla 16. Especificaciones técnicas del SSR	52
Tabla 17. Entrada del controlador de temperatura	54
Tabla 18. Desempeño del controlador	54
Tabla 19. Rango y código de entrada	54
Tabla 20. Función y control de salida	55
Tabla 21. Parámetros de los controladores P, PI, PID según Ziegler Nichols (Ganancia Limite)	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo Baño María	8
Figura 2. Resistencia de Baño María.....	9
Figura 3. Comportamiento de una señal de control.....	18
Figura 4. Dispositivo termoelectrico básico.....	25
Figura 5. Diagrama de conexión del equipo baño maría	35
Figura 6. Diseño del baño maría.....	36
Figura 7. Ensamblaje con planchas de acero inoxidable.....	37
Figura 8. Cortes adicionales para la incorporación de componentes	37
Figura 9. Soldadura de Componentes	38
Figura 10. Diseño final del equipo baño maría	38
Figura 11. Diseño del circuito Eagle	39
Figura 12. Prueba de funcionamiento del circuito.....	39
Figura 13. Conexión del circuito al controlador de temperatura	40
Figura 14. Materiales para el circuito	40
Figura 15. Método del Planchado	41
Figura 16. Diseño de la entrada de alimentación.....	41
Figura 17. Aplicación de silicona a la entrada de 220V	42
Figura 18. Cableado de la placa	42
Figura 19. Resistencia de inmersión.....	43
Figura 20. Resistencia de Inmersión flexionada	43
Figura 21. Aplicación de silicona a la resistencia de inmersión	44
Figura 22. Añadiendo la placa y pasta térmica al SSR.....	44
Figura 23. Instalación de componentes	45
Figura 24. Cableado de componentes	45
Figura 25. Instalación final del equipo.....	46
Figura 26. Estructura interna del RTD PT100.....	47
Figura 27. Conexión de 2 hilos	48
Figura 28. Conexión de 3 hilos	49
Figura 29. Conexión de 4 hilos	49
Figura 30. Proceso de autocalentamiento	51
Figura 31. Relevador de estado sólido	51
Figura 32. Estructura interna del SSR	52
Figura 33. Especificaciones Técnicas del controlador de temperatura.....	55
Figura 34. Funciones de un controlador	56

Figura 35. Control de ciclo de fase de una señal.....	56
Figura 36. Dimensiones del controlador de temperatura.....	57
Figura 37. Diagrama de conexión del controlador de temperatura.....	57
Figura 38. Configuración del sensor de temperatura.....	58
Figura 39. Configuración de unidades de temperatura en decimales.....	58
Figura 40. Configuración de la ganancia proporcional.....	59
Figura 41. Configuración de límites del sensor de temperatura.....	59
Figura 42. Configuración de la salida del controlador.....	60
Figura 43. Configuración de ciclo de pulsos 1.....	60
Figura 44. Configuración de acción de calentamiento.....	61
Figura 45. Configuración de modos de operación.....	61
Figura 46. Configuración para manipular el set point.....	62
Figura 47. Configuración de accionamiento del controlador.....	62
Figura 48. Configuración de la banda proporcional.....	63
Figura 49. Configuración de valores de accionamiento.....	63
Figura 50. Configuración del set point.....	64
Figura 51. Configuración de valores de accionamiento.....	64
Figura 52. Modo P con ganancia 1.....	66
Figura 53. Modo P con ganancia 2.....	66
Figura 54. Modo P con ganancia 3.....	67
Figura 55. Modo P con ganancia 4.....	67
Figura 56. Modo P con ganancia 5.....	68
Figura 57. Modo P con ganancia 6.....	68
Figura 58. Modo P con ganancia 7.....	69
Figura 59. Modo P con ganancia 8.....	69
Figura 60. Modo PI con ganancia 10.....	70
Figura 61. Modo PI con ganancia 15.....	71
Figura 62. Modo PI con ganancia 20.....	72
Figura 63. Modo PD con ganancia 1.....	73
Figura 64. Modo PD con ganancia 3.....	73
Figura 65. Modo PID (T).....	74
Figura 66. Modo P.....	76
Figura 67. Modo PI.....	77
Figura 68. Modo PID (G).....	78
Figura 69. Función de Transferencia del sistema.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	87
Anexo 2. Datos en tiempo real en el método de tanteo	88
Anexo 3. Datos en tiempo real en el método de ganancia limite	93
Anexo 4. Ficha Técnica del PT100	95
Anexo 5. Ficha Técnica del controlador de temperatura	95
Anexo 6. Ficha Técnica del acero inoxidable.....	96
Anexo 7. Ficha Técnica de la resistencia de inmersión	97
Anexo 8. Diagrama de Conexión del equipo baño maría	98
Anexo 9. Diseño del equipo baño maría	98
Anexo 10. Diagrama de bloques del sistema.....	99
Anexo 11. Diagrama P&ID del sistema.....	99

RESUMEN

La rama de la ingeniería que estudia es la automatización Industrial aplicada a la sintonización PID. En la presente investigación es de tipo aplicada que se enfoca en el diseño y construcción de un equipo baño maría, con el fin de hacer una sintonización PID. El desempeño del equipo registrará en la adquisición de datos, mediante ciertos modos de trabajo como: modo proporcional, modo proporcional integrativo y modo proporcional derivativo. Se aplica diferentes técnicas de sintonización para identificar las constantes y demás parámetros necesarios cuyo propósito es definir los parámetros de sintonía, permita obtener un sistema admisible y robusta de conformidad con criterio Ziegler Nichols de desempeño. La utilización de los materiales eléctricos se realizó un estudio en sus fichas técnicas y el análisis de la adquisición de datos mediante pruebas de funcionamiento del equipo. La estructura del diseño se viene realizando con acero inoxidable es algo indispensable en cualquier servicio de Salud. Como resultados finales se obtuvo que el método de ganancia límite es el más adecuado, obteniendo que el modo proporcional se llega a menor tiempo a la sintonización de nuestro sistema de control.

Palabras claves: set point; función de transferencia; optoacoplador.

ABSTRACT

The Branch of engineering that he studies is Industrial Automation. In the present investigation it is of an application type that focuses on the design and construction of a bain marie equipment, in order to make a PID tuning. The performance of the equipment will manage the acquisition of data, through certain working modes such as proportional mode, integrative proportional mode and proportional derivative mode. Different tuning techniques are applied to identify the constants and other necessary parameters whose purpose is to define the tuning parameters, which allows obtaining an admissible and robust system in accordance with some performance criterion. The use of electrical materials was carried out a study in their technical data sheets and the analysis of the data acquisition through tests of the equipment's operation. The structure of the design has been made with stainless Steel, it is something essential in any health service. As final results, it was obtained that the limit gain method is the most appropriate, obtaining that the proportional mode takes less time to tune our control system.

Keywords: set point; transfer function; optocoupler.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de métodos de sintonía en un controlador tiene como propósito destruir bacterias microscópicamente visibles por lo cual es necesario la sintonización PID en el equipo baño maría. Para su presente diseño se tomó en cuenta diferentes factores como económicos y ambientales. Se considero técnicas de seguridad en el equipo como el aterramiento, disipador de calor, pasta térmica, y un circuito que alimente los componentes. La programación del equipo viene dada como un controlador industrial, lo que se da la accesibilidad a la adquisición de datos.

El trabajo de tesis sigue una estructura que está dividido en capítulos que describen su desarrollo las cuales son:

Capítulo I: Consiste en el planteamiento del problema de la tesis presentada, la examinación de la información de tratamientos en los servicios de neonatología detalla los aspectos importantes que desarrolla la descripción, formulación, justificación, objetivos e hipótesis.

Capitulo II: Es el marco teórico de la tesis presentada se fundamenta las teorías de sintonización, termoelectricidad y tipos de controladores. Procesos de los antecedentes y bases teóricas relacionadas con el tema de sintonización de temperatura, por lo cual se define los términos que resaltarán a lo largo del desarrollo de la tesis.

Capitulo III: Es el marco metodológico de la tesis presentada se explica la forma de desarrollo de la tesis, decidir el nivel y tipo de investigación, la operacionalización de variables y técnicas e instrumentos para el análisis de datos.

Capitulo IV: Consiste en los resultados de la tesis presentada, se detalla y se muestra la metodología que se siguió para el diseño y construcción del equipo baño maría, además se muestra el proceso y métodos de la sintonización PID de temperatura.

Capítulo V: La discusión de la tesis presentada, es el estudio de los resultados hallados de las pruebas realizadas del equipo baño maría, lo que se explica los parámetros de sintonía se relaciona con la temperatura ambiente.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción Del Problema

Por el Covid 19 que afecto a nivel mundial, causando la paralización en la tecnología que había estado cambiando la prestación de la atención médica. Los campos de la automatización y la IA están teniendo un profundo impacto en los procesos de atención médica (Giffin, 2021).

En los servicios de neonatología, la especialidad de la pediatría especializada al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades durante el nacimiento del ser humano, el tratamiento del recién nacido es algo difícil ya que se debe mantener una condición estable. Las enfermeras recurren al preservamiento de la leche materna mediante un refrigerador o congelador por lo tanto suele existir una mayor disminución de Vitamina C y proteínas. Asimismo, es indispensable estimar en consideración que la leche materna transforma su estado debido al ambiente en que es preservado. La leche materna que se obtiene, no satisface las necesidades del recién nacido provocando una mala nutrición. Además, las pautas de preservamiento pueden ser diferentes para los bebés prematuros, enfermos u hospitalizados. El aspecto de la leche materna cambia según la dieta alimenticia de la madre, como también la leche materna preservada tiene características diferentes a una leche recién extraída por consecuencia él bebe rechaza la leche preservada (MFMER, 2022).

Los efectos del almacenamiento de la leche materna a diferentes temperaturas causan cambios en la capacidad antioxidante, estado oxidante total y nivel de paraoxonasa. La leche materna es una fuente nutricional ideal que tiene un balance en proteínas, siendo un producto biológico. Según The Turkish Journal of Pediatrics (2018) se evaluaron los niveles de oxidantes de TOS y PON-1 en la leche materna fresca. Las muestras almacenadas se analizaron para los niveles de oxidantes de TAC, TOS y PON-1 después de 72 horas. El nivel más alto de TAC se detectó en la leche materna fresca ($p < 0,05$). Los niveles de TOS de la leche materna fresca mostraron una reducción estadísticamente significativa en tasa después del almacenamiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Con que el diseño, implementación y sintonía de un equipo baño maría permitirá el control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado?

1.2.2. Problema Especifico

- a. ¿Cuáles serán los dispositivos y materiales óptimos para un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?
- b. ¿Qué Parámetros de sintonía intervienen en un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?
- c. ¿Con que sistema se regulara la potencia de una resistencia eléctrica para un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Punto de vista ambiental: Hoy en día se está buscando desarrollar la conservación de vitaminas de los alimentos enzimáticos mediante diferentes técnicas, ya sea genéticas o en nuestro caso el uso de la tecnología. Se está usando diferentes equipos tecnológicos desarrollados que ayudan a mejorar la calidad de esterilización, siendo más efectivas y bajando el índice de pérdida de proteínas por los diferentes cambios del ambiente. Por lo que es necesario implementar nuevos procesos de automatización que garantice la esterilización de la leche materna, y una de los principales factores a controlar es la temperatura, el cual debe ser adecuada para las conservas, por lo cual en nuestra región Tacna tiene características adecuadas para desarrollar este tipo de proyectos, dando el beneficio a los lugares obstétricos, pediatría, neonatales y hospitales.

Punto de vista social: En contraste de la vacuna, la leche humana posee importantes cantidades de proteínas y antioxidantes que favorecen la protección de los recién nacido de diferentes padecimientos de salud. Sin embargo, esta leche necesita estar en ambientes especialmente regulados para su preservación. Miembros de investigación trabajaron con muestras esterilizadas, en consecuencia, las características como la acidez son indispensables para la preservación de la leche materna.

Punto de vista de Investigación: Si bien el Ministerio de Salud (MINSA) le da importancia a la lactancia durante los seis primeros meses y hasta los dos primeros años de recién nacido. En situaciones donde los recién nacidos no pueden recibir alimentación directa de la madre por ejemplo como el caso de bebés prematuros o quienes están en UCI neonatal, se recurre a los bancos de preservación de leche materna. Aunque hay situaciones en que la madre no tiene suficiente leche materna para el recién nacido, la leche materna preservada es de suma importancia en estos casos. Existen numerosos bancos de leche en Europa, Estados Unidos, Australia, Centroamérica y Sudamérica.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar, Implementar y Sintonizar un equipo baño maría que permita control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Identificar los dispositivos y materiales óptimos que se requieran para controlar la temperatura para un equipo baño maría.
- b. Determinar los parámetros de sintonía para realizar el control de temperatura de un equipo baño maría.
- c. Implementar un sistema de control que ayude a regular la potencia de una resistencia

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El diseño e implementación de un equipo baño maría permite el control de temperatura PID en los biberones.

1.5.2. Hipótesis Especifico

- a. La identificación de dispositivos y materiales óptimos beneficiara el control de temperatura en los biberones.
- b. La determinación de parámetros de sintonía permite el control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado.
- c. La implementación de un sistema de control regula la potencia de una resistencia de inmersión.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

La tesis de Pitino (2018) de la escuela ciencias de la nutrición de la universidad de Toronto, Canadá. “Investigación de técnicas de pasteurización alternativas y emergente para construcción humana”. El objetivo fue determinar las pérdidas de nutrientes durante la esterilización de la leche materna cruda. La aplicación de nuevas técnicas de esterilización de la leche materna y compararlos con las térmicas de holder y flash heating para evitar la pérdida de nutrientes, dio como resultado la efectividad y reducción de la carga bacteriana.

En el artículo de Waghmare et al (2020) de la escuela de medicina David Geffen de la UCLA, california, EE.UU. “nuevo pasteurizador de leche materna humana – totalmente dispositivo automatizado, fácil de usar y rentable para aplicación universal”. como objetivo era desarrollar un nuevo equipo (baño maría) de leche materna que permita controlar la temperatura y evitar la pérdida de nutrientes. Como resultado desarrollaron un nuevo equipo (baño maría) que sea fácil de usar, rentable y capaz de esterilizar cantidades relativamente pequeñas, de este modo el diseño, el modo de operación, utilidad y limitaciones del proyecto ha sido abreviado con el nombre KIMIE.

En la tesis de Guayasamín y Molina (2022) de la escuela ingeniería agroindustrial de la universidad de Chimborazo, Ecuador. “Construcción de un baño maría para pruebas de tratamientos térmicos a nivel de laboratorio”. El objetivo era construir un baño maría que permita realizar pruebas de tratamiento térmico a nivel de laboratorio. Como resultado es la presentación del diseño que tuviera nuevas mejoras en su tamaño y volumen además un mejor control de tiempo y temperatura. También se concluyó que la esterilización para la leche humana debe ser menor de 80°C durante 10 minutos, permitió realizar pruebas tratamiento térmico a nivel de laboratorio.

En la tesis de Oña y Rodríguez (2015) de la universidad de las fuerzas armadas ESPE. “diseño y construcción de un baño maria utilizando un controlador pid fuzzy para el laboratorio de inmunología de la universidad de las fuerzas ARMADAS – ESPE.”. Como objetivo era diseñar y construir baño maría para realizar pruebas serológicas y procedimientos de incubación, aglutinación, inactivación, pruebas biomédicas. Como resultado se utilizó HMI digital para el funcionamiento adecuado y optimo del equipo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la tesis de Herrera (2019) de la universidad tecnológica del Perú. “Diseño de un sistema automático de control y registro de temperatura para el proceso de pasteurización en la industria alimentaria”. Como objetivo es implementar un proceso de control y adquisición de datos de la temperatura, para el proceso de desinfección de los alimentos industriales, que permita optimizar la producción para cumplir con los estándares de comercialización. Como resultado del diseño se utilizó un software para la simulación del proceso y un interfaz entre hombre y máquina, demostrando la optimización del proceso de producción.

En la tesis de Carrasco (2020) de la universidad de Piura. “Diseño e implementación de un control PID IMC para planta piloto de refrigeración”. Como objetivo es implementar un control (PID) basado en una estructura de Automatización con módulos para el control de temperatura de una refrigeración industrial. Teniendo un mejoramiento en el control de temperatura y mejoramiento en la calidad del producto procesada en la planta.

En la tesis de Benites (2014) de la pontificia universidad católica del Perú. “Diseño conceptual de sistema integrado para pasteurizado de leche materna en el instituto nacional materna perinatal”. Como objetivo es diseñar un sistema de control para la preservación de la leche materna. Este sistema, que influye una refrigeración basada en semiconductores, durará en su ejecución de una hora en promedio y siendo mejor alternativa frente a los equipos que existen en el mercado. Obteniendo una pasteurización de leche materna optima y un método diferente a la pasteurización aplicada en el banco de leche materna del instituto nacional materno perinatal.

2.2. Bases Teóricas

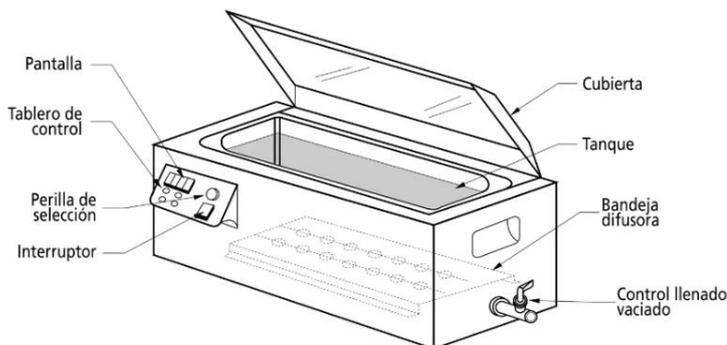
2.2.1. Concepto de equipo de Baño María

Un equipo de Baño María es un equipo científico que es usado para mantener una temperatura constante en ciertos intervalos de tiempo al incubar muestras en salas de laboratorio, microbiología, laboratorios universitarios, investigaciones ambientales e incluso en tecnología de alimentos cuyo propósito funcionan para calentar reactivos. normalmente el proceso del equipo Baño María los podemos identificar en una incubadora, micropipeta, centrifuga y un horno. Como se puede apreciar en la siguiente Figura 1 se tiene una imagen de todas partes esenciales de un equipo baño maría. En la tabla 1 se puede apreciar la frecuencia de mantenimiento de un equipo baño maría y en la tabla 2 se habla sobre los principios de funcionamiento de las resistencias de

inmersión y externa (OPA, 2005).

Figura 1

Equipo de baño maría



Nota. imagen general de un equipo baño maría

Tabla 1

Mantenimiento de equipos baño maría

Frecuencia Diaria (lubricación)	Frecuencia Mensual (limpieza)
Actividad única para baños María con sistema agitación el eje del motor eléctrico del agitador deberá ser engrasado obteniendo una mejor condición entre los rodamientos del motor	Apagar y desconectar el equipo. Para evitar riesgos. Retirar el fluido utilizado para el calentamiento. Quitar la rejilla ubicada en el fondo del tanque. Limpiar el tanque con detergente. Tener cuidado con el tubo capilar del control de temperatura. Hacer una limpieza interna y externa con agua.

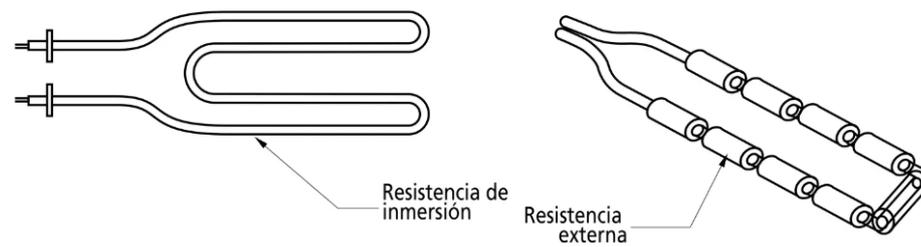
Nota. Adquirido desde manual de mantenimiento de equipos

Tabla 2

Principios de operación con resistencias

De inmersión	Están ubicadas en la parte inferior del recipiente, las resistencias están dentro un tubo sellado encontrándose en contacto directo con el medio a calentar.
Externas	Están ubicadas en la parte inferior del tanque, pero están al exterior del equipo, están protegidas por un material aislante que evita pérdidas de calor.

Nota. Adquirido desde manual de mantenimiento de equipos

Figura 2*Resistencias de baños maría*

Nota. Adquirido desde manual de mantenimiento de equipos

2.2.2. Partes de un equipo de Baño María

En un equipo baño maría consiste en varias partes fundamentales que permiten el proceso de calentamiento de líquidos. Según la Organización Panamericana de la Salud (2005), estas partes son:

- Envase: consiste en un recipiente del equipo con la posibilidad de sumergirse en el agua, con un metal aislado, como es el acero inoxidable. Las muestras o sustancias son capaces de mantenerse en agua caliente durante tiempos prolongados.
- Tapa del contenedor: está construido principalmente con metal aislado u otro material resistente al calor. La tapa mantiene el equipo sellado.
- Resistencia de inmersión: es un tipo de resistencia en utilizada como calentador de un equipo de Baño María para ayudar a generar calor.
- Termostato o regulador: es un dispositivo que se encarga en mantener una temperatura constante en un equipo de Baño María mediante algoritmos.
- Drenaje: pieza fundamental del equipo que facilita la eliminación del agua en el recipiente.

2.2.3. Tipos de un equipo de Baño María

A continuación, se muestra los diferentes tipos de equipos de baño maría de acuerdo a Organización Panamericana de la Salud (2005). Como en la tabla 3 se hace una comparación del equipo baño maría en sus diferentes rangos de temperatura a la cual trabaja.

Tabla 3*Rango de temperaturas para baño maría*

Clase	Rango de Temperatura
Baja Temperatura	Mantener una Temperatura hasta 60°C Mantener una Temperatura hasta 100 °C con cubierta
Alta Temperatura	Mantener una Temperatura hasta 275°C. Si deseamos superar los 100°C de temperatura, debemos utilizar fluidos que tenga un punto de ebullición superior a los 100°C.
Isométricos	Mantener una Temperatura hasta 100 °C con equipamiento de agitación para el agua

Nota. Adquirido desde manual de mantenimiento de equipos

- Con agitación: e caracteriza por tener un mayor control en la precisión del flujo del líquido. En las técnicas microbiológicas la agitación regular, permite que los cultivos de célula; cultivadas en liquido se mezclen continuamente con el aire, ajuste de temperatura fácil, una indicación precisa y clara y de rendimiento excepcional y confiable.
- Circulante: En este tipo de baño circulante, el agua circula correctamente, los cuales son útiles para aplicaciones para que las muestras deban tener temperaturas constantes o uniformes.
- Sin Circulación: Este tipo de baño maría se basa del mecanismo de convección. Como resultado la capacidad para controlar la temperatura es menos exacta. Se puede también añadir accesorios al baño maría para mejorar la transmisión de calor.
- Policarbonato: Tiene un sistema de calefacción controlado. su recipiente está diseñado de policarbonato transparente y puede alcanzar temperaturas 38°.

2.2.4. Equipo de Baño María Analógico y Digital

Según OPA (2005). el equipo de Baño María Analógico, es el equipo más accesible y fácil usar. la precisión de baño maría es menor que la del baño digital. En su mecanismo, el equipo recibe una fuente de alimentación, el indicador principal se iluminará, entonces la corriente ira al termostato, por consiguiente, la corriente fluirá a través de la resistencia de inmersión en agua. En consecuencia, el agua empezara a calentar y al mismo tiempo el termostato se apagará cuando la temperatura del agua alcance el valor determinado, la resistencia de inmersión dejara de recibir corriente, entonces la temperatura del agua empieza a descender.

Por otro lado, el equipo de Baño María Digital, es una versión mejorada del baño analógico, extremadamente caro y simple de usar. cuenta además con un panel indicador de temperatura real del agua. En su mecanismo, el relé de estado sólido (SSR) y el controlador PID funcionan juntos para administrar la resistencia de inmersión de agua. El controlador entregará un cierto voltaje de CC al relé si la temperatura del agua está por debajo del valor predeterminado. El relé se encenderá, lo que hará que la CA fluya hacia la barra de calentamiento. Como resultado, el calentador comienza a calentar el agua. El controlador PID activará y desactivará constantemente el relé cuando la temperatura real del agua se acerque al valor deseado. Por lo tanto, la barra de calentamiento se encenderá y apagará continuamente. Como resultado, el baño de agua contribuye al mantenimiento de un resultado casi preciso con una variación de no más de 1°C. El sensor mide la temperatura del agua usando un detector de temperatura de resistencia (RTD). Luego, la temperatura se convierte en un valor de resistencia, que se suministra al controlador (OPA, 2005).

2.2.5. Controles de un equipo de Baño María

Los controles de un equipo de Maño maría, la Organización Panamericana de la Salud (2005) los describe de la siguiente manera:

- a. Controlador de temperatura: un controlador de temperatura, ya sea digital o dial, es una característica estándar de todos los baños de agua.
- b. Controlador de seguridad: a menudo se encuentra un controlador de seguridad encima del controlador de temperatura o conectado a la luz indicadora en la mayoría de los baños de agua. Un controlador de seguridad ayuda a determinar la temperatura más alta que debe alcanzar el baño de agua. La luz de seguridad se encenderá si el baño de agua logra alcanzar la temperatura establecida por el controlador de seguridad. Incluso con una temperatura más alta, un baño de agua no puede alcanzar una temperatura superior a los ajustes de seguridad.
- c. Controlador de agitación: Puede permitirnos acelerar, desacelerar o activar el agitador.

2.2.6. Clasificación de equipos de Baño María

De manera similar OPA (2005) lo clasifica en el siguiente orden:

- a. De Calibración: Este equipo de calibración utiliza un líquido como fluido para así optimizar las propiedades térmicas. Además, suelen contar con un agitador magnético o mecánico el cual ayuda con la uniformidad de la temperatura.

- b. **Ultrasónico:** Un equipo el cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica. La generación de ondas ultrasónicas produce una oscilación aproximada de 20 kHz. Es utilizado para eliminar sustancias que se encuentran en probetas u objetos de ceramida.
- c. **Con Agitación:** Un equipo construido con materiales especiales como un metal corrosivo frente a la convección, pintura electrostática, internamente hecha por acero inoxidable. Un equipo con una temperatura precisa, una larga vida útil y muy fácil de uso.
- d. **Con recirculación:** Un equipo que tiene una circulación interna de líquido obteniendo así una temperatura constante y precisa para diferentes aplicaciones como son: cultivos bacteriológicos, controlar fenómenos químicos, etc. La temperatura deseada se controla por un DSP digital que logra un margen de error de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$.
- e. **De Calefacción:** Este equipo está concebido para múltiples tareas, puede operar con agua, aceite o sal. Tiene un sistema incorporado en el control de funcionamiento sin lubricación, hecho con componentes de muy buena calidad, contribuyendo en la preservación de recursos de producción.
- f. **De Circulación:** Se caracterizan por la precisión utilizando un microprocesador y tienen una excelente uniformidad de temperatura. Siendo excelentes para sistema de control y uniformidad de temperatura para aplicaciones, como las enzimáticas y serológicas.
- g. **Limpiador Ultrasónico:** Es una combinación de acero inoxidable anticorrosivo, realizando limpieza de tubos de ensayos, instrumentos médicos y de laboratorio.
- h. **De aceite:** Se diferencia a otros equipos porque alcanza a temperaturas hasta 200°C , este equipo permite trabajar con temperaturas muy altas, pero se usa un medio que no permite la evaporación rápida. Por lo tanto, se utiliza aceite.
- i. **Múltiple:** Se destaca por su excelente rendimiento y su diseño sólido. Especialmente cumple con los requisitos particulares para la calidad y cantidad, dando beneficio como: La protección de elementos de calentamiento por exceso de temperatura, aisladores térmicos para la manipulación, bandeja interior para sostener las sustancias y el regulador con volumen de suministro estándar de nivel de agua ajustable.
- j. **Termostático de inmersión:** Está equipada con un baño de puente flexible. El equipo está diseñado para templar los líquidos hasta los 200°C . Gracias a una

potente bomba de presión / succión, contiene un circulador de inmersión utilizadas en su interior.

- k. De circulación transparente: Este equipo cuenta con tecnología, con la posibilidad de visualizar el proceso.
- l. Termostato de circulación: Este equipo puede calentar hasta una temperatura máxima de 200°C y está equipado con una alta calidad de acero inoxidable con un volumen de llenado de 5 – 7 litros. La incorporación del radiador permite el intercambio de calor óptimo y un calentamiento suave del material.
- m. Viscosímetro: Específicamente es utilizado para aplicaciones que operan en temperatura ambiente (15 a 30°C), es extremadamente compacto, se enfría mediante tecnología Peltier. Proporciona una refrigeración sin el uso de agua.
- n. De uso general: Compuesto por ocho modelos, siendo algunos modelos de doble cámara y de diferente profundidad, algunos con control digital o analógico. Teniendo una cámara interna hecha de acero inoxidable de fácil limpieza, con un recubrimiento anticorrosivo y materiales químicos.
- o. De agua: Ofrecen un control de la temperatura deseada, habiendo modelos con sistemas operativos analógico o digital. Teniendo una variedad de capacidades de 2 o 28 Ltrs, para satisfacer diferentes aplicaciones y precios. Habiendo diferentes modelos de termostatos para ofrecer una excelente protección antes sobrecalientes.
- p. De incubación / inactivación GFL: Se utiliza para la incubación e inactivación de células, por ejemplo, para calentar medios bacteriológicos, procesando reacciones químicas o descongelas muestras congeladas.
- q. De vapor agua de anillo eléctrico: Este equipo sumerge muestras en vasos y platos de evaporación, incluyendo frascos de fondo redondo. Contiene anillos de acero inoxidable concentrando el calentamiento en un solo punto.

2.2.7. Transferencia de Calor

2.2.7.1. ¿Qué es la transferencia de Calor?

Describe el movimiento de calor debido a las diferencias de temperatura y la subsiguiente distribución y cambio de temperatura (Giffin, 2021).

2.2.7.2. Historia de transferencia de Calor

Sin ayuda externa el calor fluirá en objetos calientes a fríos, siendo este un resultado de la segunda ley de la termodinámica. A principios del siglo XIX los científicos creían que todos los cuerpos contenían un fluido invisible llamado calórico, este fluido le asignaron propiedades algunas inconsistentes. fue una forma de pensar en el calor. Tiempo después Thompson demostró que la teoría planteada era incorrecta o equivocado. El calor no es un elemento sino un desplazamiento a nivel molecular (teoría cinética). Un buen ejemplo es frotando las manos, ambas manos se calientan por la energía cinética del movimiento (rose o un proceso llamado fricción) (Giffin, 2021).

2.2.7.3. Mecanismos de transferencia de Calor

Los mecanismos de acuerdo a Amber (2021) se clasifican en lo siguiente:

- a. **Conducción:** La transferencia de calor a nivel atómico que desplaza por medio de las moléculas térmicas. Las partículas más eficientes entregan energía a las menos eficientes produciéndose una conductividad calorífica.
- b. **Convección:** La transferencia de calor por movimiento de masa o circulación interna de la sustancia puede ser producida por la variación de las densidades de la materia. Por ejemplo, el aire en un ventilador.
- c. **Radiación:** Es la energía irradiada por parte de la materia la cual se encuentra a cierta temperatura, produciendo energía directamente de la materia hacia el exterior en todas las direcciones por medio de un medio.

2.2.7.4. Aislamiento Térmico

Aquellos materiales diseñados para disminuir el flujo de calor, reduciendo la convección y la conducción. Las barreras de radiación son aquellas que limitan la radiación de materiales de radioactivos. La transferencia de calor no se puede prevenir, pero se puede ralentizar el proceso mediante diferentes materiales a los que se le llama conductores, aisladores y barreras, dependiendo del proceso que se quiera lograr. Un ejemplo es un termo que mantiene la temperatura del agua en su interior (Giffin, 2021).

2.2.7.5. Unidades de medida de la transferencia de Calor

Según el Sistema Internacional de Medida, la conductividad eléctrica del cuerpo se expresa en julios (J), al igual que el trabajo y la energía. Sin embargo, también se utilizan otras unidades comunes para medir la transferencia de calor: Kilocalorías

(Kcal). Aquella cantidad de necesaria para aumentar la temperatura de un gramo de agua en grados Celsius. utilizada en el ámbito de los profesionales de nutrición. BTU (Unidad Térmica Británica). Aquella cantidad de calor que se necesita para aumentar la temperatura en una libra de agua. Mayormente utilizado en Estados Unidos y Gran Bretaña (Giffin, 2021).

2.2.8. Convección Térmica

La transferencia de calor es un proceso en el que interviene un tipo de fluido, ya sea líquido o gaseoso, para transportar la energía térmica de un punto a otro punto (Giffin, 2021).

2.2.8.1. Mecanismos de Convección

Amber (2021) indica que es aquel fenómeno cuando las ondas vibratorias se desplazan en forma de calor en una red. Poseyendo la característica que la masa no presenta movimiento en dirección de la energía. Tanto la conducción y la convección son fenómenos casi similares ya que en ambos se necesita un medio material. Mientras lo que les diferencia es que el fenómeno de convección necesita de un movimiento fluido.

2.2.8.2. Convección como Conducción con movimiento de fluido

El fenómeno de transferencia de calor cambia según la situación deseada. La convección forzada es aquel fenómeno físico donde el intercambio de calor es mayor en un fluido líquido que por convección (Giffin, 2021).

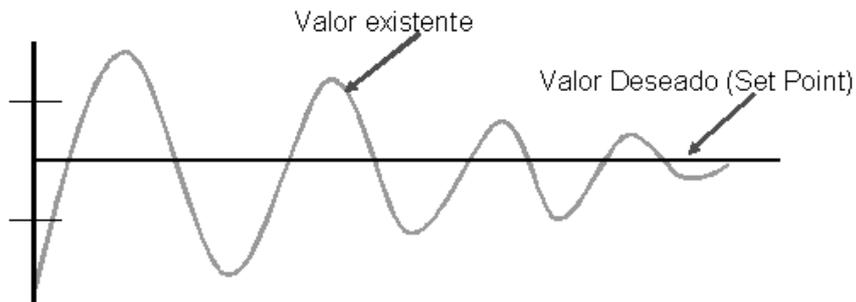
2.2.9. Controladores Industriales

Los sistemas de control industrial comparan el valor que sale de la planta con el valor deseado. Teniendo por resultado la desviación y producción de una señal de control sin perturbaciones (Ogata, 2003).

Los sistemas de control industrial son de diferentes tipos ya sea eléctricos, electrónicos hidráulicos y neumáticos. Como se puede observar en la Figura 3 tenemos un valor deseado (Set Point) el cual es resultado que deseamos obtener, pero se puede ver que para ello tenemos nuestro valor existente en función del tiempo siendo una señal analógica (Ogata, 2003).

Figura 3

Comportamiento de un sistema de control



Nota. señal de analógica en función del tiempo

2.2.9.1. Tipos de Controladores Industriales

Actualmente, se puede encontrar diferentes tipos de controladores industriales, de los cuales Ogata (2003) indica que son:

- a. PLC o Controlador Lógico Programable: originalmente los controladores industriales fueron diseñados para realizar lógica binaria, en cambio fueron utilizados principalmente en la industria automotriz. Ahora se puede programar en múltiples idiomas y han crecido enormemente ya que pueden controlar una amplia variedad de procesos de todos los tamaños y tipos.
- b. DCS o Sistema de Control Distribuido: diseñados originalmente para controlar procesos y sistemas continuos en plantas industriales y refinerías que tratan de agua, estos controladores industriales ahora son más interesantes que sus predecesores porque están mejor integrados en la pantalla de control. Interfaz de operador y se puede programar de manera más coherente al incluir funciones.
- c. PAC o Controlador de Automatización Programable: es un tipo de controlador industrial que son más versátiles, porque se diferencia de los controladores anteriores que funciona con programas patentados. Los PAC solo requieren una computadora de escritorio para operar. Este controlador se destaca por su funcionalidad y durabilidad, siendo más aptos para trabajar en cualquier sitio.

Si bien existe diferentes tipos de controladores industriales para diferentes procesos, todos tienen algo en común, la medición de variables ocurre en cualquier operación o procesos. Lo que hace el sensor es enviar los datos a una sola unidad de procesamiento donde el valor resultante se agrega y se compara con el valor calculado. Cada detalle de la automatización industrial se mide y se evalúa para sacar

conclusiones sobre la productividad, eficiencia y rentabilidad de varios autómatas y sistemas industriales.

2.2.9.2. Clasificación de sistemas de control

Debido a la acción de control permite controlar diferentes sistemas, así como detalla Ogata (2003).

- a. Sistema de lazo abierto: Aquel tipo de control que es independiente de su salida, para que sea eficiente es necesario una calibración precisa. El proceso a controlar no debe presentar perturbaciones.
- b. Sistema de lazo Cerrado: Aquel tipo de control que compara la entrada con la salida, utilizando aquel error estacionario como punto de control. Para este tipo de control es indispensable la retroalimentación la cual genera que aumente el porcentaje de aparición de una perturbación.

2.2.9.3. Generación de Acciones de control

Actualmente al pasar de los años existen controladores que son operados en diferentes modos las cuales Ogata (2003) destaca los siguientes:

- a. Controlador ON – OFF: Es aquel tipo de control de encendido y apagado si se cumple con su punto de referencia, un tipo de control con retroalimentación.
- b. Controlador Proporcional: Un sistema de control la cual su salida es proporcional a la señal de error, posee una retroalimentación lineal. Mediante su modulación soluciona posibles perturbaciones.
- c. Controlador Derivativo: Es aquel tipo de control que opera con lazos de regulación automática y aparece cuando aparece un cambio en el valor absoluto. Es denominado como el control de velocidad de una señal, la variable T_d es el periodo de tiempo en el cual la velocidad supera al efecto de la acción proporcional. Siendo en este momento que la acción derivativa es mínima, teniendo como consecuencia que las variables oscilan demasiado con el valor deseado. El tiempo idóneo de la acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones.
- d. Controlador Integrativo: Se realiza la integración en el tiempo de la señal de error que entra al controlador. Generalmente se utiliza para obtener una mayor precisión en la variable de control del sistema, se ajusta a través de K_I .

- e. Controlador Proporcional Derivativo: Es una combinación de control de avance y retroalimentación, su operación es exclusiva en condiciones actuales del proceso. La salida del control PD es una combinación lineal de la señal de control y su derivada. Este tipo de control contiene la amortiguación del control proporcional de la fluctuación y la predicción del error de proceso del control derivado. El comportamiento del control PD se representa por la siguiente ecuación 1.

$$c(t) = K_c \left(e(t) + T_d \frac{de}{dt} \right) + C \quad (1)$$

Donde:

- $c(t)$ = salida del controlador
- K_c = ganancia proporcional
- $e(t)$ = señal de error
- C = valor inicial del controlador

La ecuación indica que el controlador PD opera como un controlador PID simplificado con un término integral cero. Alternativamente, el controlador PD también se puede ver como una combinación de las ecuaciones de control solo P y solo D. En este control, el propósito del control solo D es predecir el error para aumentar la estabilidad del sistema de bucle cerrado. El control P-D no se usa comúnmente debido a la falta del término integral. Sin el término integral, no se minimiza el error en el funcionamiento en estado estacionario (Ogata 2003).

- f. Controlador Proporcional Integrativo: Es una forma de control por retroalimentación. Proporciona un tiempo de respuesta más rápida que control Integrativo. El tiempo de respuesta es el 50 % rápido que el control proporcional. El comportamiento del control PI se representa de la siguiente ecuación Ec. 2.

$$c(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right) + C \quad (2)$$

Donde:

- $c(t)$ = salida del controlador
- K_c = ganancia proporcional
- T_i = tiempo integral
- $e(t)$ = señal de error
- C = valor inicial del controlador

La ecuación indica que el controlador PI opera como un controlador PID simplificado con un término derivado cero. Alternativamente, el controlador PI también se puede ver como una combinación de las ecuaciones de control solo P y solo I. El término sesgo en el control P es igual a la acción integral del control I. El control de solo P solo está en acción cuando el sistema no está en el punto establecido. Cuando el sistema está en el punto establecido, el error es igual a cero, y el primer término cae fuera de la ecuación. Entonces, el sistema está siendo controlado solo por la parte del controlador (Ogata, 2003).

- g. Controlador Proporcional PID: El control proporcional-integral-derivado es una combinación de los tres tipos de métodos de control. El control PID es el más utilizado porque combina las ventajas de cada tipo de control. Esto incluye un tiempo de respuesta más rápido debido al control solo P, junto con el desplazamiento decrecido/cero de los controladores combinados derivados e integrales. Este desplazamiento se eliminó mediante el uso adicional del I-control. La adición de D-control aumenta en gran medida la respuesta del controlador cuando se usa en combinación porque predice perturbaciones al sistema midiendo el cambio en el error. Por el contrario, como se mencionó anteriormente, cuando se usa individualmente, tiene un tiempo de respuesta más lento en comparación con el control P-only más rápido. Sin embargo, aunque el controlador PID parece ser el controlador más adecuado, también es el controlador más caro. Por lo tanto, no se utiliza a menos que el proceso requiera la precisión y estabilidad proporcionada por el controlador PID.

2.2.9.4. Señal de referencia y señal de error

Ogata (2003) indica que la señal $r(t)$ se denomina referencia e indica el estado que se desea conseguir en la salida del sistema $y(t)$. La letra t dentro del paréntesis significa que las señales cambian con el tiempo (t), es decir, que no permanecen con el mismo valor. En un sistema de control de temperatura, la referencia $r(t)$ será la temperatura deseada y la salida $y(t)$ será la temperatura real del sistema controlado, que cambiarán con el tiempo. Como puede verse en el esquema anterior, la entrada al controlador PID es la señal de error $e(t)$. Esta señal indica al controlador la diferencia que existe entre el estado que se quiere conseguir o referencia $r(t)$ y el estado real del sistema medido por el sensor, señal $h(t)$. Si la señal de error es grande, significa que el estado del sistema se encuentra lejos del estado de referencia deseado. Si por el contrario el error es pequeño, significa que el sistema ha alcanzado el estado deseado.

2.2.9.5. Métodos de Sintonización en Controladores

La sintonización de controladores está basada por métodos en estudios de la respuesta escalón de diferentes tipos de sistema, por lo tanto, la determinación de los parámetros del controlador basadas en métodos de cálculo podría darse una respuesta indeseable. Los métodos de sintonización para los controladores son empleados para determinar el ajuste de parámetros del sistema de control, los cuales son el tiempo integrativo, tiempo derivativo y ganancia. Para realizar una sintonización en los controladores es necesario identificar el proceso del sistema, y comenzar a determinar los parámetros para utilizarlos en el método de sintonización (Ogata, 2003).

Los métodos más comunes en la sintonización de los controladores son:

- Método de Zingler-Nichols:
- Método de Cohen Coon
- Método de un cuarto de decaimiento de la respuesta
- Método de mapas de sintonización

2.2.10. Termoelectricidad

La termoelectricidad es aquella parte de la termodinámica que incluye a la electricidad donde se estudian fenómenos en la que involucra el calor y la electricidad, el fenómeno eléctrico es generado por la utilización de calor para generar un vapor el cual hará mover unas turbinas las cuales se moverán y generarán electricidad mediante el movimiento mecánico (Fundación Técnica industrial, 2023)

2.2.10.1. Efecto Termoeléctricos

De acuerdo a la Fundación Técnica industrial (2023) el efecto se basa en la facultad de materiales semiconductores que generan tensión eléctrica que proporciona calor. Esto pasa cuando dos o más materiales semiconductores que mediante un puente metálico, aplicando calor a la unión se genera una tensión eléctrica, este fenómeno es conocido como efecto Seebeck- Peltier o efecto termoeléctrico.

- a. Efecto Seebeck: El primer efecto termoeléctrico, también llamado como efecto seebeck, descubierto por Thomas Johann Seebeck en 1821, corrobora su teoría con el descubrimiento de calentar dos metales de igual o diferente composición generan un voltaje eléctrico entre ambos, que es equitativo a la diferencia de temperatura. Esto permite la conversión directa de los diferentes valores de temperatura relacionadas con la electricidad. Por consiguiente, los

materiales cuyos dos extremos están a diferentes temperaturas, los portadores de carga tienden a acumularse en los extremos fríos.

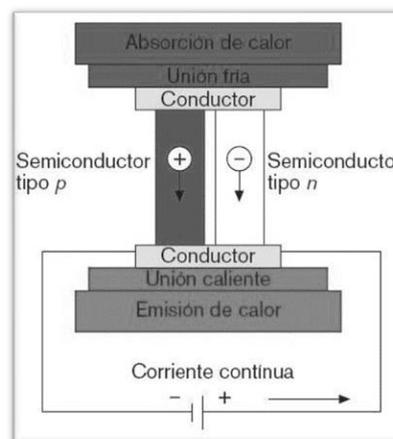
- b. Efecto Peltier: Hallado por Jean Peltier en 1834. Esto es lo opuesto del efecto Seebeck, quiere decir que cuando se aplica electricidad a una combinación de dos semiconductores, uno procede a calentarse mientras que el otro a enfriarse (utilizándose en la refrigeración eléctrica). Una característica de este efecto es que se puede direccionar el calor entre los semiconductores, ya que la dirección de la transmisión de calor está relacionada al polo de la corriente eléctrica.
- c. Efecto Thompson: El fenómeno que se presenta cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor (elemento conductivo), la temperatura cambia a lo largo de su longitud según su función discreta.

2.2.10.2. Dispositivos Termoeléctricos

La elaboración de un dispositivo termoeléctrico permite transformar el calor disipado en energía eléctrica. Para su fabricación debe tener un mayor coeficiente seebeck, alta conductividad eléctrica y la menor presencia conductividad térmica. Tal y como se observa en la Figura 4 tenemos un dispositivo termoeléctrico básico (Fundación Técnica industrial, 2023).

Figura 4

Dispositivo termoeléctrico básico



2.2.11. Detectores de Temperatura

La Fundación Técnica industrial (2023) destaca que estos son equipos diseñados para recibir información de una cantidad externa y convertirla en otra cantidad, generalmente

una cantidad eléctrica, que logra medir y/o manipular. Sensores de temperatura utilizados para medir calor/frío para garantizar que el proceso esté en orden y dentro de un rango establecido específico.

2.2.11.1. Características de los detectores de Temperatura

- Rango de medida: el valor max/min establecido de la magnitud.
- Precisión: Es una calidad que refleja con el error de medida.
- OFFSET o desviación de Cero: la magnitud de la variable de salida, cuando la variable de entrada es equiparable a cero.
- Sensibilidad del Sensor: es el cambio entre la magnitud de salida y entrada.
- Resolución: Es el mínimo cambio del valor de entrada que se aprecia a la salida
- Rapidez de respuesta: La recepción de la magnitud de entrada en un intervalo de tiempo.
- Derivas: La presencia de magnitudes que actúan en la variable de salida de un sistema de control.
- Repetitividad: El Error consecuente al realizar las pruebas veces la misma medida.

2.2.11.2. Tipos de Detectores de Temperatura

- a. RTD: Característica de modelo resistivo, está fundamentado en el cambio de la resistencia de un conductor con la temperatura.
- b. Termopares/Termocuplas: Detectores de temperatura eléctricos mayormente usados en industrias. Su funcionamiento se debe en la unión de alambres de diferente material en un punto, la cual se conoce como junta caliente o junta de medición.
- c. Termistores: Su funcionamiento se basa en el cambio de la resistividad que hay en un semiconductor con la temperatura.

2.3. Definición de términos

2.3.1 Set Point

Es un punto de ajuste considerado como el valor deseado de una planta a controlar (Electromatic, 2012).

2.3.2 Función de Transferencia

Es un modelo matemático que representa a mi sistema con control con los valores de su entorno, entre la función de respuesta y entrada (Valera, 2016).

2.3.3 Optoacoplador

Es un circuito electrónico que opera como un interruptor aislado ópticamente, está diseñado para transferir señales eléctricas utilizando ondas de luz y así proporcionar un acoplamiento con aislamiento eléctrico entre su entrada y salida (Piensa, 2018).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación

Se utilizó la metodología de diseño en ingeniería, en el cual se realizó un estudio y análisis de los materiales, componentes del sistema a partir del cual se establecen las normas establecidas.

Una vez definidas las especificaciones técnicas se realizó un análisis funcional a fin de identificar los módulos que formo parte del sistema. Para cada módulo se planteó soluciones posibles, realizando la selección de una alternativa en función de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Se procedió a aplicar los conocimientos aprendidos en la rama de ingeniería que se planteó en la solución tecnológica de cada uno de los módulos. Mediante pruebas de funcionamiento se llegó a verificar las normas establecidas por la UL 61010-1 / CSA C22.2 N.º 61010-1, 3.ª edición (2012), UL 61010-2-010 (2015) / CSA C22.2 N.º 61010-2-010:2015, para lo cual se comparó las mediciones de los sensores incorporado al equipo. Luego de integrar todos los módulos del sistema y se realizó pruebas de funcionamiento en laboratorio. Finalmente se realizó la implementación final del producto en los lugares establecidos previamente para el monitoreo.

3.2. Acciones y Actividades

Como primer paso se determina el tema de investigación, el cual se realizó el presente trabajo se tuvo que investigar y recopilar toda información necesaria para lograr implementar el sistema.

Como segundo paso será revisar las entradas y salidas, el voltaje y las interfaces, con su respectiva datasheet y manual de fabricante y si conlleva a no tener problemas en el uso de sensores e interfaces para realizar su respectiva conexión, estos a su vez estarían conectados al Controlador Automático Programable (PAC). Para completar este paso, se realizó pruebas para un funcionamiento adecuado.

Como tercer paso se energizo el controlador PID y realizar la programación para habilitar entradas y salidas del controlador PID y luego en la programación se escaló los valores obtenidos a valores deseados, esto lleva a realizar un análisis en el sistema, después se realizó una construcción de baño maría, incorporando la resistencia industrial, entre otros.

Como cuarto paso se realizó un circuito que permitió regular la resistencia eléctrica, por lo tanto, se realizará pruebas, lo que resultaran positivas para la incorporación al sistema baño maría, además se diseñó y configuro el controlador para visualizar los parámetros.

Como quinto y último paso tenemos la elaboración del informe final, así como pruebas finales y sustentación con los respectivos protocolos los cuales fueron probados. En este paso se presentó la tesis final y sustentación respectivamente coordinado con el asesor.

3.3. Materiales y/o instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Controlador Lógico Programable: Es un controlador con CPU que ofrece una configuración flexible y ofrece la capacidad necesaria para controlar una variedad de dispositivos.
- Resistencia Industrial: Aquella resistencia con la capacidad de aumentar la temperatura en contacto directo, ya sea agua, aceite, disoluciones químicas y sustancias viscosas.
- SCR: Es un tipo de tiristor formado por componentes semiconductores con estructura PNPN o NPNP.
- Circuito integrado 555: Es un circuito integrado que utiliza pulsos y oscilaciones, es utilizado para proporcionar retardos de tiempo.
- Placa de Cobre, LCD

3.4. Población y/o muestra de estudio

La muestra de estudio es el equipo baño maría que estamos diseñando e implementando.

3.5. Operacionalización de variables

En la presente tesis se desarrolló y analizó la variable de estudio como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4*Operacionalización de variables*

Variable	Tipo de variable	Definición	Indicadores
Equipo Baño María para el control de temperatura de biberones	Variable de Estudio	diseño para sintonizar un sistema baño maría que permita controlar la temperatura de biberones	Temperatura Tiempo

Nota. Operacionalización de variables**3.6. Procedimiento y análisis estadístico**

Las técnicas de recolección obtenidas mediante sensores de temperatura, viene siendo las variables para los cálculos matemáticos. Se realizó un Análisis matemático para encontrar las variables proporcional, derivativo e integrativo para la sintonización e implementación de baño maría. La presentación de resultado, se visualizó los parámetros mediante una configuración del controlador. En la tabla 5 realizamos una comparativa de los modos de operación P, PI, PID.

Tabla 5*Cuadro comparativo de los modos de operación P, PI, PID*

Tiempo	P		PI		PID	
	Temp	IAE	Temp	IAE	Temp	IAE
0 s	31,6	3,4	31,9	3,1	31,8	3,2
5 s	31,7	3,3	31,9	3,1	31,8	3,2
10 s	31,8	3,2	31,9	3,1	31,9	3,1
15 s	31,9	3,1	32	3	31,9	3,1
20 s	32	3	32	3	32	3
25 s	32,1	2,9	32	3	32	3
30 s	32,2	2,8	32	3	32,1	2,9
35 s	32,3	2,7	32,1	2,9	32,1	2,9
40 s	32,4	2,6	32,1	2,9	32,2	2,8
45 s	32,5	2,5	32,1	2,9	32,2	2,8
50 s	32,6	2,4	32,1	2,9	32,3	2,7
55 s	32,7	2,3	32,2	2,8	32,3	2,7
1 min	32,8	2,2	32,2	2,8	32,4	2,6

Nota. se realiza la comparación de los valores de temperatura y IAE de los modos P, PI y PID.

Para realizar el análisis estadístico, se realizó un estudio a las muestras de temperatura tomadas del equipo baño maría de los modos P, PI y PID. Se procedió a encontrar la media, la mediana y la moda de los anexos 2 y 3 para encontrar la mejor sintonización en un tiempo adecuado. A continuación, se presenta los datos estadísticos. En la tabla 6 se aprecia que modo P ganancia 1, se puede apreciar que la media es más eficiente a comparación de las otras ganancias. Como también la mediana es la más optima junto a la ganancia 4. Siendo la Moda el valor deseado que presenta una mayor frecuencia absoluta en las Ganancias

Tabla 6

Método de tanteo - Modo P

	Modo P		
	Media	Mediana	Moda
Ganancia 1	35,24	35,20	35,10
Ganancia 2	36,85	36,20	35,00
Ganancia 3	37,24	37,00	35,00
Ganancia 4	35,41	35,20	35,00
Ganancia 5	35,49	35,50	35,60
Ganancia 6	35,44	35,50	35,00
Ganancia 7	37,82	38,40	38,40
Ganancia 8	37,71	38,00	38,00

Nota. Media, Mediana, Moda por método de tanteo modo P

Podemos apreciar que en la tabla modo PI la ganancia 15, con la que se tuvo mejores resultados en la media de 36.61°C. Además, la mediana representa un valor más eficiente entre las ganancias trabajadas. Obteniendo una mejor Moda en el modo PI.

Tabla 7

Método de tanteo - Modo PI

	Modo PI		
	Media	Mediana	Moda
Ganancia 10	37,20	37,20	37,50
Ganancia 15	36,61	36,60	36,50
Ganancia 20	36,63	36,70	37,20

Nota. Media, Mediana, Moda por método de tanteo modo PI

Se aprecia que en la tabla modo PD ganancia 1, con la que se tuvo mejores resultados en la media de 36.30°C. Además, la mediana representa un valor más eficiente entre las ganancias trabajadas. Obteniendo una mejor Moda en el modo PD.

Tabla 8

Método de tanteo - Modo PD

	Modo PD		
	Media	Mediana	Moda
Ganancia 1	36,32	36,30	35,30
Ganancia 3	36,74	36,80	36,90

Nota. Media, Mediana, Moda por método de tanteo modo PD

Se obtuvo el PID mediante el método de tanteo con la mejor ganancia de los modos P, PI y PD.

Tabla 9

Método de tanteo - Modo PID

	Modo PID		
	Media	Mediana	Moda
resultado	36,84	37,00	37,60

Nota. Media, Mediana, Moda por método de tanteo modo PID

Por esta tabla, se puede corroborar el motivo de elegir el modo P para el sistema de control de nuestro equipo Baño María, obteniendo una mejor media, mediana y moda de los 3 modos trabajados.

Tabla 10

Método de Ganancia Limite – Modo P

	Modo P		
	Media	Mediana	Moda
resultado	35,15	35,00	35,00

Nota. Media, Mediana, Moda por método de Ganancia limite modo P

Tabla 11*Método de Ganancia Limite – Modo PI*

Modo PI			
	Media	Mediana	Moda
resultado	35,54	35,70	36,20

Nota. Media, Mediana, Moda por método de Ganancia limite modo PI**Tabla 12***Método de Ganancia Limite – Modo PID*

Modo PID			
	Media	Mediana	Moda
resultado	35,51	35,60	34,90

Nota. Media, Mediana, Moda por método de Ganancia limite modo PID

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción del Proceso

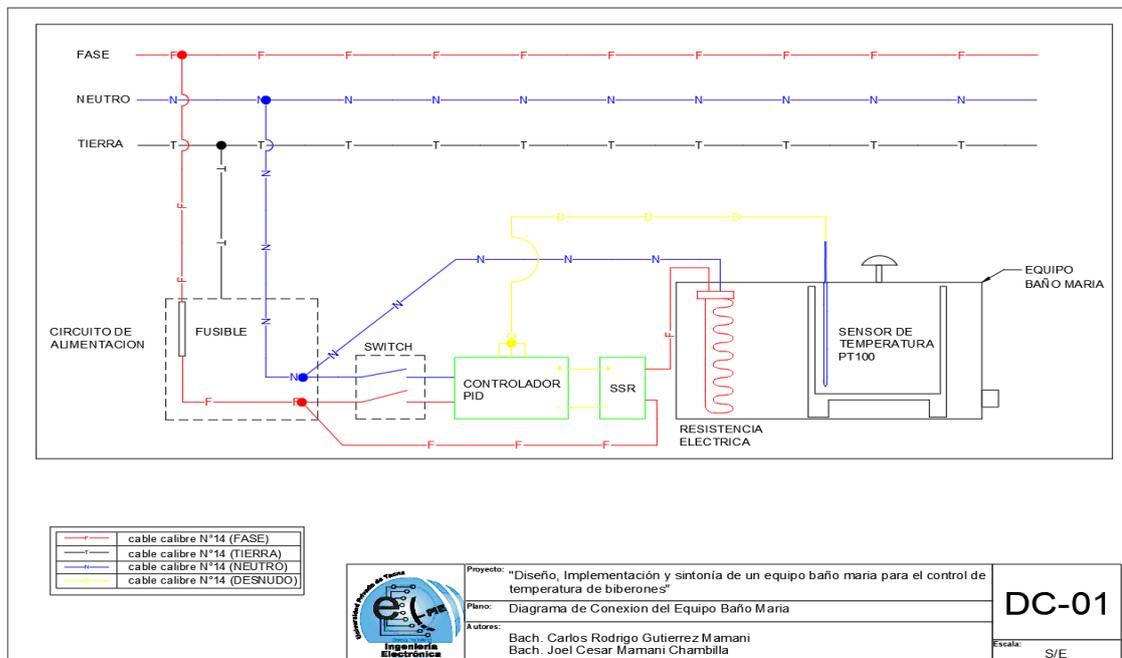
Se procedió a la elaboración de un equipo con acero inoxidable, que se encarga en la regulación de la temperatura para calentamiento y activación de sustancias biológicas. En el proceso tenemos un set point que es ingresado al controlador de temperatura, en dicho proceso el set point es comparado con los valores adquiridos por el sensor de temperatura (PT100); enviará una señal de salida de 4 – 20mA al optoacoplador (SSR) para activar por modulación de pulsos la resistencia de inmersión produciendo una transferencia de calor al sistema entre la resistencia de inmersión y el recipiente ubicado internamente en el equipo.

4.2. Diagrama de conexión del equipo de baño maría:

En la Figura 5 se puede observar un diagrama de conexión del Equipo Baño María a la red eléctrica, como también nos indica las diferentes partes del funcionamiento del equipo baño maría.

Figura 5

Diagrama de Conexión del Equipo Baño María



Nota. Representación eléctrica del equipo baño maría

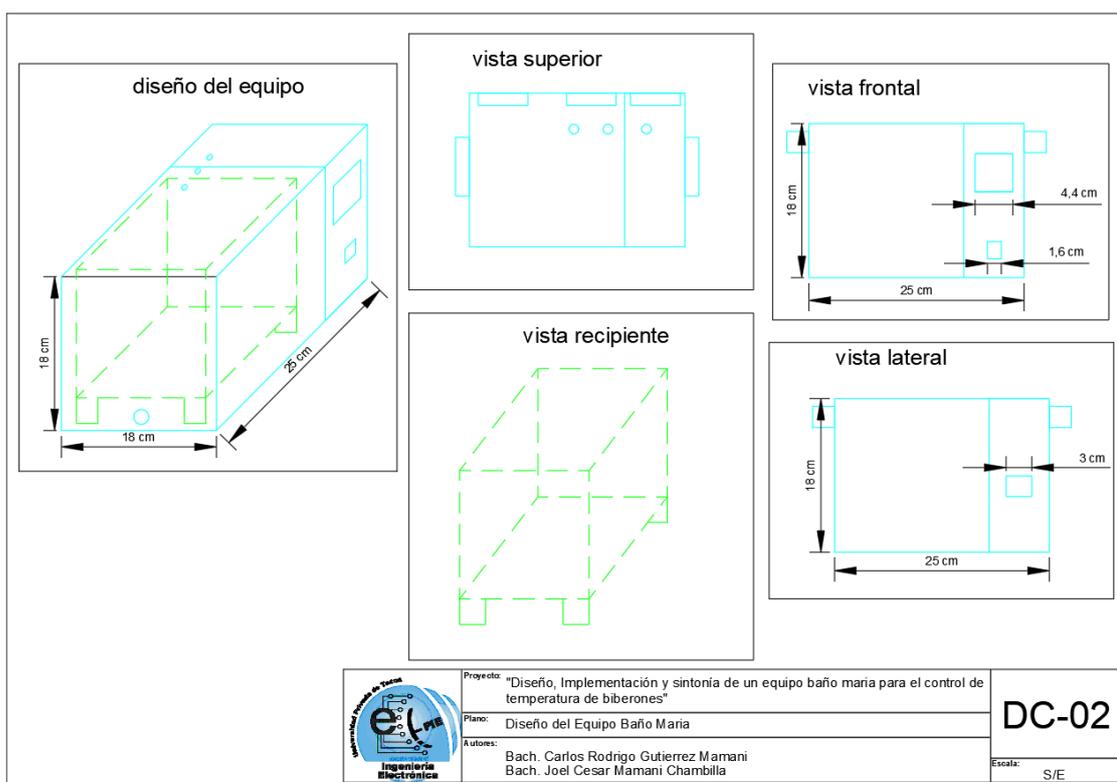
4.3. Diseño y Construcción de un equipo Baño María

4.3.1. Dimensionamiento de un equipo de baño maría en AutoCAD

A continuación, se realizó un previo diseño del equipo baño maría. Antes de su proceso de construcción, primero se debe definir la forma del equipo, por lo tanto, se diseñó en AutoCAD estableciendo las dimensiones y cortes necesarios para la incorporación de componentes. Este diseño es utilizado como guía de apoyo para su ensamblaje. Como se puede observar en la Figura 06 se observa las dimensiones del equipo Baño María.

Figura 6

Diseño del Equipo Baño María



Nota. Dimensión del diseño del equipo baño maría

4.3.2. Proceso de construcción de un Equipo de Baño María

El diseño del equipo baño maría se viene realizando con planchas de acero inoxidable por lo tanto se siguió diferentes procesos descritos a continuación:

Se realizó cortes de planchas de acero inoxidable, algunas fueron necesarios recurrir a un proceso de doblado a su vez se va dado la forma adecuada siguiendo el diseño realizado en AutoCAD.

Luego incorporamos una tapa para sellar el equipo, también se realizó el

proceso de taladrado para realizar cortes necesarios para los componentes. Una vez culminado se afina con una lija. Se puede observar el acabado en la Figura 7 del ensamblaje con planchas de acero inoxidable. Como en la Figura 8 unos cortes adicionales para el equipo Baño María.

Figura 7

Ensamblaje con planchas de acero inoxidable



Nota. modelamiento del equipo baño maría

Figura 8

Cortes adicionales para incorporación de componentes



Nota. realización de cortes para la integración de componente

El equipo baño maría debe presentar un drenaje y la resistencia de inmersión debe tener una posición estática. Se realizó un proceso de soldadura primeramente se incorporan boquillas para el drenaje del agua contaminada, y así es más factible la incorporación de una llave de agua. Luego se incorpora un soporte de metal para que la resistencia de inmersión tenga una posición estática. Viéndose los componentes a soldar en la Figura 9 de los conectores y válvulas.

Figura 9*Soldadura de componentes*

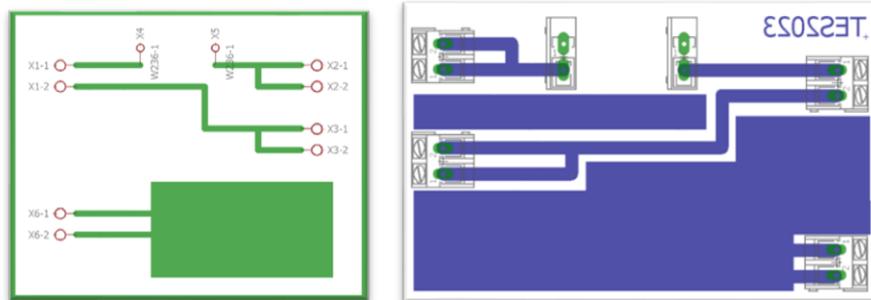
Nota. Conectores y Válvulas

Como resultado obtenemos el equipo baño maría para proceder la incorporación de componentes para incorporar los componentes que conforman el sistema de regulación de temperatura. Como se aprecia en la figura 10 el diseño final del equipo Baño María.

Figura 10*Diseño final del equipo baño maría*

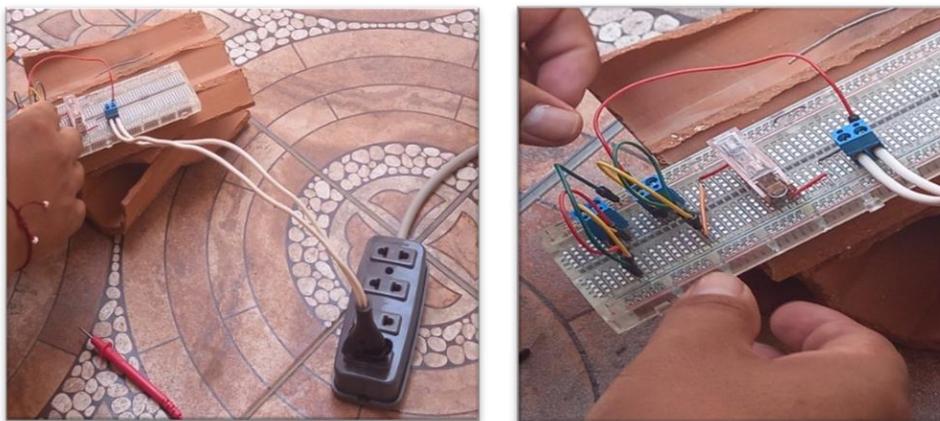
Nota. implementación final del equipo

La circulación de voltaje en el equipo baño maría influirá en el controlador de temperatura y en la resistencia de inmersión, para este proceso se recurrió al diseño de un circuito como se puede apreciar en la figura 11. El programa Eagle permite el diseño del circuito para imprimirlo con láser en una hoja de papel fotográfico.

Figura 11*Diseño del circuito en Eagle*

Nota. realización del circuito con software EAGLE

Previamente a su diseño se realizó una prueba de funcionamiento del circuito, su distribución de 220V a dos salidas. Esta prueba se realizó con un protoboard antes de su soldadura a una placa, el uso de un fusible es para seguridad de valores altos que circula la electricidad, como se puede apreciar en la figura 12.

Figura 12*Prueba de funcionamiento del circuito*

Nota. Prueba en protoboard de los componentes usados, conectados directamente a voltaje alterna

Una vez terminado la prueba de funcionamiento, procede conectar el controlador de temperatura como se observa la figura 13, el circuito funciona exitosamente.

Figura 13

Conexión del circuito al controlador de temperatura



Nota. Prueba de conexión eléctrica del control de temperatura

A continuación, como se observa en la figura 14, adquirimos materiales para el diseño de la placa del circuito, adquirimos placa de cobre, plumón indeleble, mini taladro, ácido férrico, etc.

Figura 14

Materiales para el circuito

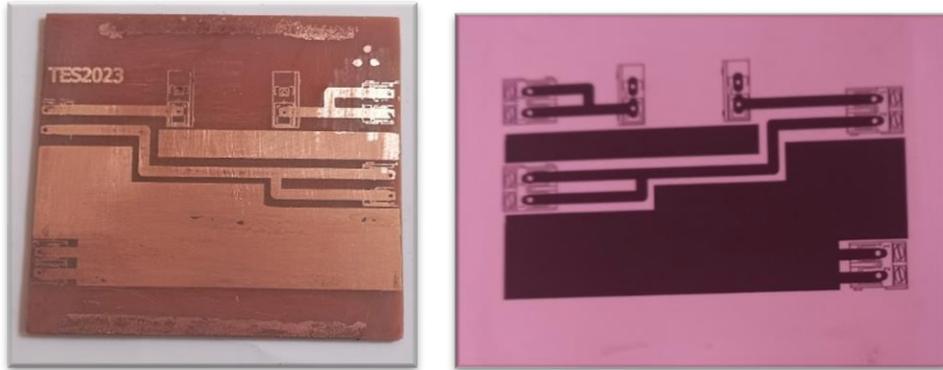


Nota. Componentes para el planchado del circuito

Utilizaremos el diseño del circuito realizado en el programa Eagle, impreso a laser en papel fotográfico, luego se aplicará calor para que el diseño se calque a la placa de cobre. Este proceso es conocido como "Planchado" y se ve en la figura 15.

Figura 15

Método del planchado

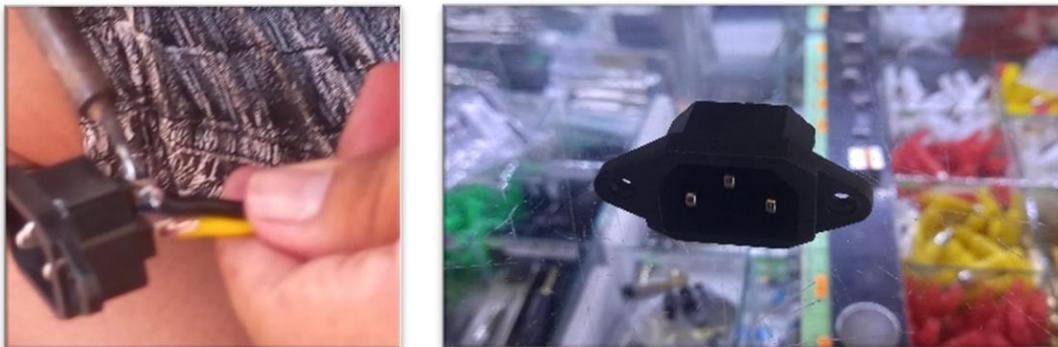


Nota. impresión de papel fotográfico y acabado del PCB

Se puede apreciar en la figura 16 que se adquirió un sócalo para la entrada de 220V, y cables que cumplan las normas ASI, y por seguridad aplicamos un termo contraíble. Los cables lo soldamos con estaño para que tenga una conexión efectiva.

Figura 16

Diseño de la entrada de alimentación



Nota. Conector C14 Macho para gabinete

Como se observa en la figura 17 se añadió silicona automotriz como protección de polvo o gotas de agua, con el fin de evitar un cortocircuito.

Figura 17

Aplicación de silicona a la entrada de 220V



Nota. aplicación de silicona automotriz como aislante térmico

Podemos observar en la figura 18, que taladramos la placa de cobre para instalar los componentes y luego procedemos a cablearlo en el interior del equipo

Figura 18

Cableado de la placa



Nota. implementación de placa PCB

Adquirimos la resistencia de inmersión, después realizamos su prueba de funcionamiento para darle otro diferente uso. Apreciándose en la figura 19, como instalamos la resistencia de inmersión en el equipo Baño María.

Figura 19

Resistencia de inmersión

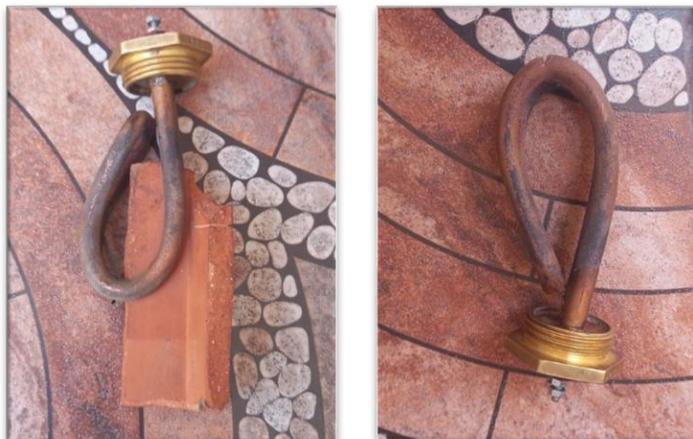


Nota. prueba de funcionamiento de la resistencia de inmersión

Como observamos en la figura 20 se flexiona la resistencia de inmersión para que la resistencia de inmersión sea sumergida en agua y pueda circular la temperatura para espacios pequeños, por lo que fue necesario incorporar una pieza de arcilla para obtener una posición estática en el interior del equipo.

Figura 20

Resistencia de inmersión flexionada



Nota. acondicionamiento de la resistencia a un material cerámico

Se añade silicona automotriz como protección de polvo o gotas de agua, como se puede observar en la figura 21, con el fin de evitar un cortocircuito a la resistencia de inmersión.

Figura 21

Aplicación de la silicona a la resistencia de inmersión



Nota. aplicación de silicona como aislante térmico

Para la alimentación de la resistencia de inmersión será a través del SSR, por lo tanto, se hace uso de un disipador de calor y una pasta térmica. Pudiéndose observar el proceso en la figura 22.

Figura 22

Añadiendo la placa y pasta térmica al SSR



Nota. aplicación de pasta térmica al SSR y al aislante térmico

A continuación, procedemos a la instalación de los componentes al equipo baño maría pudiéndose observar en la figura 23.

Figura 23

Instalación de componentes

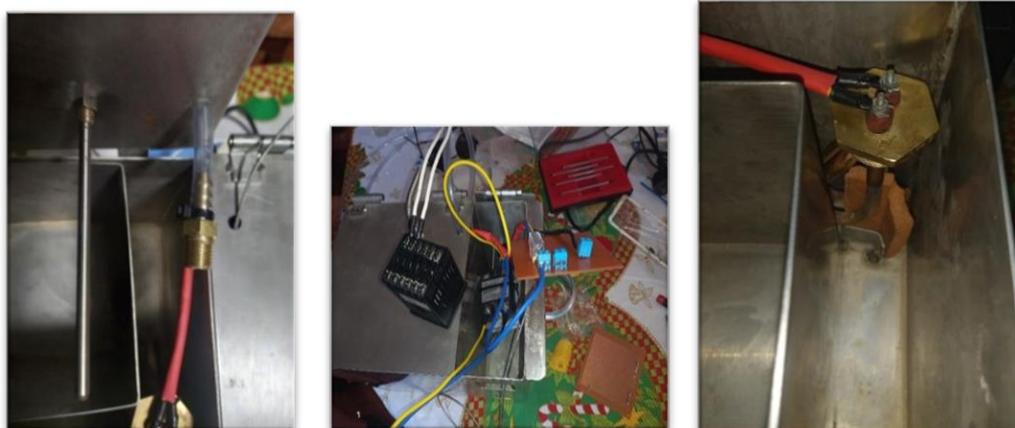


Nota. Acondicionamiento de componentes en el diseño baño Mario

Como se puede observar en la figura 24 continuamos con el cableado a todo el equipo, cableamos el sensor de temperatura (PT100), la resistencia de inmersión, el controlador y la placa de cobre diseñada.

Figura 24

Cableado de componentes



Nota. cableado interno del equipo baño María

Apreciándose en la figura 25. Una vez cableado, se empezó a introducir el circuito de alimentación y los componentes como el switch, controlador de temperatura,

sensor de temperatura obtenido el equipo listo para hacer pruebas.

Figura 25

Instalación final del equipo



Nota. montaje final del equipo baño María

4.4. Sistema de Control

4.4.1. Sensor de temperatura PT100

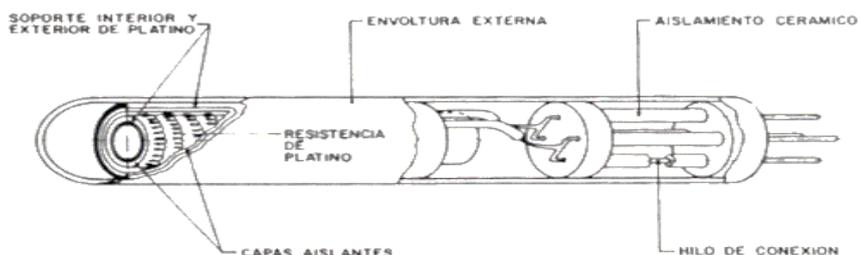
4.4.1.1. Descripción del PT100

Sensor de temperatura reforzado con platino. Los cambios de temperatura se reflejan por cambios en la resistencia de inmersión, por lo tanto, permite la medición del valor de la resistencia de una expresión analógica para la temperatura real.

El sensor PT100 posee una resistencia de 100 Ohms a 0 °C y una curva de trabajo mostrada en la norma IEC 60751. Este tipo de sensores es utilizado en diferentes aplicaciones industriales. En la figura 26 se puede apreciar la estructura interna del sensor PT 100. además, en la tabla 6 se tiene una ficha de datos del PT100.

Figura 26

Estructura interna del RTD pt100



Nota. detectores de temperatura resistivos.

Termómetros de resistencia (1998)

Tabla 13*Ficha de datos del pt100*

Rango de medición	-50 ... 205°C
Temperatura ambiente	-50 ... 205°C
Rango de presión	≤ 25 bar (flujo de agua 3 m/s)
Humedad	< 98% RH, condensado
Clase de protección	IP 65
Tipo de cable	Silicona de alta flexibilidad
3 terminales	3 (1 cable rojo, 2 cable azul)
Longitud	Se puede extender hasta 99.99 metros

*Nota. datos del sensor de temperatura pt100***4.4.1.2. Ventajas y Desventajas del PT100**

Se realiza un comparativa de ventajas y desventajas del PT100 como se aprecia en la tabla 7.

Tabla 14*Ventaja y desventaja del pt100*

Ventaja	Desventaja
- Los pt100, superan a los termopares especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas (-100 a 200 °C).	- Son costosos
- Entregan mediciones precisas de una décima de grado.	- Mecánicamente no son rígidos
- No se deterioran dando información errónea, si no se pone en estado de falta de sensor.	- comparados con otros medidores de temperatura
- Los pt100 pueden ser colocadas a una distancia, ya sea corta o larga (30 mts como máximo) usando un cable de cobre para la extensión.	

*Nota. ventajas y desventajas del PT100***4.4.1.3. Modos de Conexión**

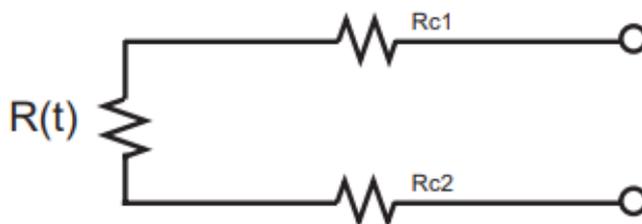
Existen diferentes maneras de conexión para el PT100, cada modo necesita un instrumento de lectura de datos.

Conexión de 2 hilos: es el modo más sencillo de conexión (no recomendado),

generar un error estacionario al sistema, como se puede apreciar en la figura 27 una conexión de dos hilos ilustrada.

Figura 27

Conexión de 2 hilos

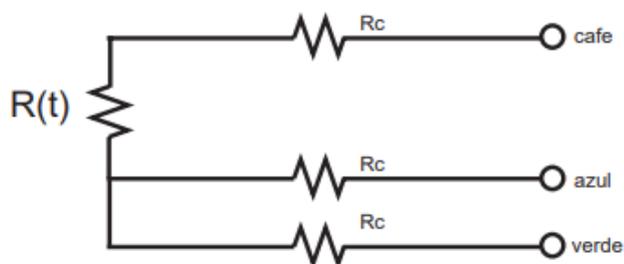


*Nota. conexión determinada por el autor
Fuente: Arian, nota técnica 4, rev. A.*

Conexión de 3 hilos: Es el modo más recomendado, resolviendo bien el error estacionario hallado en el cable del sensor. Teniendo como requisito que los 3 cables eléctricos presenten la misma resistencia eléctrica. Se puede observar una conexión de tres hilos en la figura 28.

Figura 28

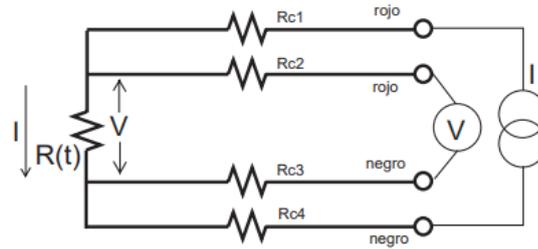
Conexión de 3 hilos



*Nota. conexión determinada por el autor
Fuente: Arian, nota técnica 4, rev. A.*

Conexión de 4 hilos: es el modo más preciso (no recomendable) pero al incluir a un proceso, requiere más instrumentos de lectura. Cada cable provoca una caída potencial que no beneficia el proceso. En la figura 29 se puede apreciar una conexión de 4 hilos.

Figura 29
conexión de 4 hilos



Nota. conexión determinada por el autor
Fuente: Arian, nota técnica 4, rev. A.

En la tabla 15 se observa la conversión de valores de temperatura a ohms

Tabla 15
Conversión del pt100

Pt 100 ohms	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190		22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180		27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170		31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160		35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150		39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140		43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130		47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120		52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110		56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100		60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90		64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80		68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70		72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60		76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50		80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40		84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30		88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20		92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10		96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0		100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0		100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10		103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20		107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30		111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40		115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50		119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60		123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70		127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80		130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90		134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100		138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110		142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120		146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130		149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140		153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150		157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160		161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170		164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180		168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190		172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200		175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210		179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220		183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230		186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240		190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250		194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260		197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270		201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280		204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290		208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nota. tabla comparativa de resistencia y temperatura.

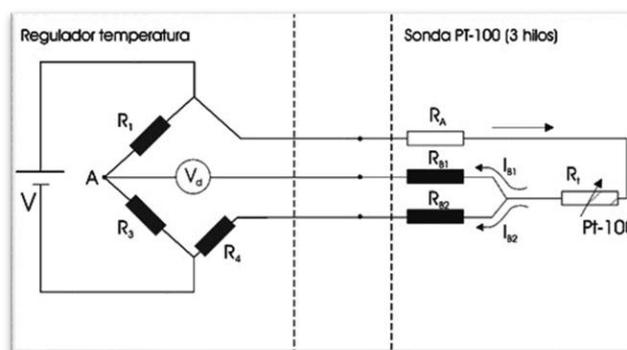
4.4.1.4. Autocalentamiento y corriente de excitación

El método de conexión se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento del sensor para poder obtener lectura de la resistencia. Esta corriente I llamada “corriente de excitación” suministrada en el sensor y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo del equipo.

Un problema que puede generarse es que la “corriente de excitación” genere por efecto Joule ($P = I^2 * R$) un calentamiento del elemento sensor que aumenta su temperatura y produce así un error en la lectura. En la figura 30 se puede apreciar un proceso de autoconocimiento mediante un puente de Wheatstone.

Figura 30

Proceso de autocalentamiento



Nota. Diferencia de tensiones por puente de Wheatstone. Fuente: Artículo Contaval, 2017

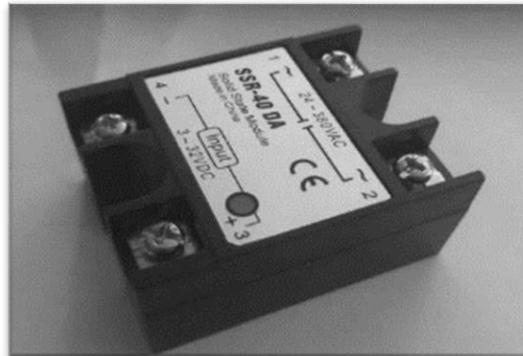
4.4.2. Acoplamiento del Relevador de Estado Sólido

4.4.2.1. ¿Qué es un relevador de estado sólido?

Es un switch eléctrico (SSR) que conmuta entre estado abierto y cerrado. Cambiando de estado cuando se le aplica un alto voltaje en una sus puntas (ya sea negativa o positiva según el modelo). Su funcionamiento se basa en la electrónica de semiconductores. En la figura 31 se puede ver un relevador de estado sólido el cual se uso en la presente tesis. Como también se observa las especificaciones técnicas del SSR visualizada en la tabla 9.

Figura 31

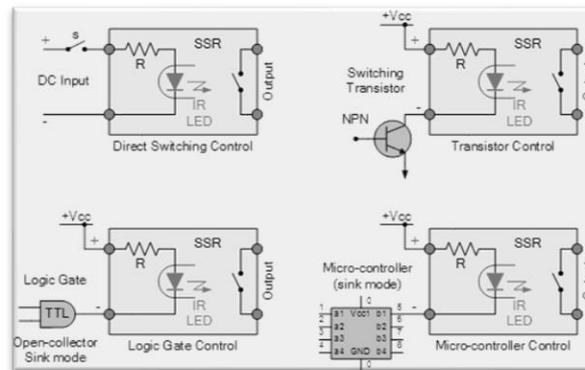
Relevador de estado solido

*Nota.* optoacoplador SSR**Tabla 16***Especificaciones técnicas del SSR*

Corriente de carga	40 ^a
Voltaje de carga	24-380 VCA
Voltaje de entrada	3-32 VCC
Resistencia dieléctrica	2500 VCA
Fuera de corriente de fuga	≤5 Ma
Tiempo de encendido y apagado	≤10 ms
Resistencia de aislamiento	≥50 MOhm
Rango de temperatura ambiente	-30°C...+70°C
Humedad relativa	35%...85%
Indicación	LED para control de señal de entrada

Nota: especificaciones técnicas del SSR**4.4.2.1. Funcionamiento del Relevador de Estado Solido**

Como se puede apreciar en la figura 32 la estructura interna del SSR. La entrada de control de un relevador está conectado a un LED que enciende cuando la entrada ha sido energizada. La energía luminosa que emite es admitida por un sensor infrarrojo conectado a un transistor que abre y cierra una compuerta. El transistor integrado en el SSR conmuta la corriente permitiendo pasar a los bornes de salida del SSR permitiendo energizar la carga eléctrica. Cuando la carga eléctrica este desconectada de la fuente de alimentación. Obteniendo como principal ventaja que relevador permita aislar la etapa de control de potencia.

Figura 32*Estructura interna del SSR**Nota.* estructura interna del SSR

Fuente: electrónica Joan. (2023)

4.4.3. Controlador de Temperatura

4.4.3.1. ¿Qué es un controlador de temperatura?

Es un equipo que ayuda a controlar la temperatura dentro de un proceso, en donde el ambiente es un aspecto importante en la obtención de un óptimo resultado deseado. Como también ayuda a controlar los métodos de producción que se necesita para diferentes procesos, también ayuda a obtener la temperatura que se deseada.

4.4.3.2. Funcionamiento de un controlador de temperatura

Se inicio con poner la temperatura que se necesita en el proceso, Así el controlador obtiene el resultado deseado, mide y lo compara con la temperatura que se necesita. Un sensor ayuda en esta actividad.

Los datos que se requiere en el controlador de temperatura los cuales son la deseada y la medida, son comparadas. En ese momento se da una acción mediante lógicas de operación que se expresan algoritmos, emitiendo una orden, que lleva la temperatura medida al setpoint requerido.

En otras palabras, la temperatura pasa por un punto de ajuste, causando un cambio de estado de la salida, esto hace que la temperatura del proceso tenga una oscilación constante. En la figura 33 se aprecia las especificaciones técnicas del controlador de temperatura. Como también en la figura 34 se observa las funciones del controlador. En la tabla 10 se habla sobre el tipo de entradas, en la tabla 11 se aprecia el desempeño, en la tabla 12 se habla del rango y código de entrada del controlador de temperatura.

Tabla 17*Entrada del controlador de temperatura*

Selección de entrada	Entrada múltiple (seleccionable por configuración) - Termopar: K, J, R, T (norma IEC) - RTD: Pt100 (norma IEC)
Tiempo de muestreo	0.1 segundos
Impedancia de entrada	1M Ω
Resistencia de cableado permisible	10 Ω / 1 wire max (RTD) Pero las resistencias entre 3 hilos tienen que ser las mismas
Voltaje de entrada permisible	10Vdc max

Nota. manual del desarrollador

Tabla 18*Desempeño del controlador*

Precisión de la pantalla	$\pm 0.3\%$ de FS ± 0.1 digit (en caso de tipo R, $\pm 0.1\%$ digit ± 1 dígito en el rango 0 - 600)
Resistencia de aislamiento	Más de 20M Ω , 500 Vdc por 1 min (terminal primario – terminal secundario)
Resistencia dieléctrica	2300Vac 50/60 Hz por min (terminal primario – terminal secundario)

Nota. manual del desarrollador

Tabla 19*Rango y código de entrada*

Clasificación	Código	Tipo de entrada	Rango	
			Celsius(°C)	Fahrenheit(°F)
Termopar	Y1	K	-100 a 1200	-148 a 2192
	Y2		-100 a 500	-148 a 932
	J	J	-100 a 500	-148 a 932
	R	R	0 a 1700	32 a 3092
	T	T	-100 a 400	-148 a 752
RTD	Pt	PT100	-100 a 400	-148 a 752

Nota. manual del desarrollador. Fuente: Manual Hannyoung AX

Figura 33*Especificaciones técnicas del controlador de temperatura*

Modelo	A X2	A X3	A X4	A X7	A X9
Voltaje de alimentación	100 - 240 V a.c. 50/60 Hz				
Fluctuación de voltaje	±10 % de voltaje de alimentación				
Consumo de energía	5.5 VA max				
Temperatura del ambiente	-5 ~ 50 °C				
Humedad del ambiente	35 ~ 85 % RH (sin condensación de rocío)				
Vibración (resistencia)	10 - 55 Hz, 0.75 mm, X, Y, Z en cada dirección X, Y y Z por 2 horas				
Choque (resistencia)	300 m/s ² hacia 6 direcciones cada 3 veces				
Peso	320 g	320 g	180 g	300 g	400 g

Nota. especificaciones técnicas

Fuente: Manual Hannyoung AX

Una función y control de salida del SSR viene dado por voltaje de pulso como se aprecia en la tabla 13

Tabla 20*Función y control de salida*

	Contactor 1a 3 A 240 Vac., 3 A 30 Vdc (resistive load)
Relé	<ul style="list-style-type: none"> - La salida a relevador se puede seleccionar máximo 3 y la salida de control a relevador se visualiza como RLY1 - Salida a alarma 2 contactos (AL1, AL2) y la salida LBA son ajustados por el usuario entre RLY1, RLY2 y RLY3
SSR	CYC Voltaje de pulso 12 – 15 Vdc PHA (carga resistente min 600Ω)
4 – 20 mA	Precisión: 0.5% de FS, Ripple Vp-p: 0.3% de FS, carga resistente: Max 600Ω

Nota. manual del desarrollador

Figura 34**Funciones del controlador**

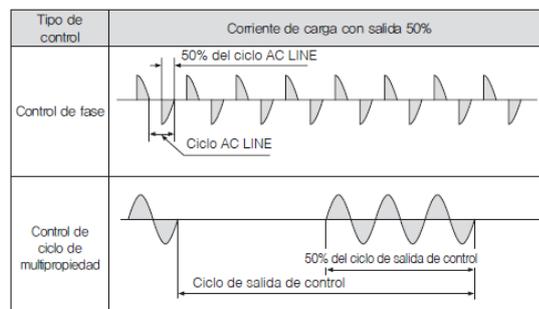

Nº	Model	Information	
①	Process value (PV)	Muestra la temperatura corriente en la pantalla de operación	
②	Set value (SV)	Muestra la temperatura ajustada en la pantalla de operación	
③	Tecla arriba	cambia la pantalla de operación, aumenta el valor ajustado, mueve al modo de ajuste de parámetros	
④	Tecla abajo	disminuye el valor ajustado, mueve al modo de ajuste de parámetros	
⑤	Tecla izquierda	<ul style="list-style-type: none"> • Pasar a los dígitos del valor ajustado • Mover desde pantalla de operación - usuarios • Mover desde operador-modo de ajuste 	
⑥	Tecla de modo	<ul style="list-style-type: none"> • Mover desde pantalla de operación - usuarios • Mover desde operador-modo de ajuste 	
⑦	Indicadores de operación	AT	Luz ON con la sintonización automática del PID
		OUT	Luz ON con la operación de salida de control
		AL1	Luz ON con la operación de Alarma 1
		AL2	Luz ON con la operación de Alarma 2
		LBA	Luz ON con la operación de alarma de lazo de control abierto (LBA)

Nota. especificaciones técnicas

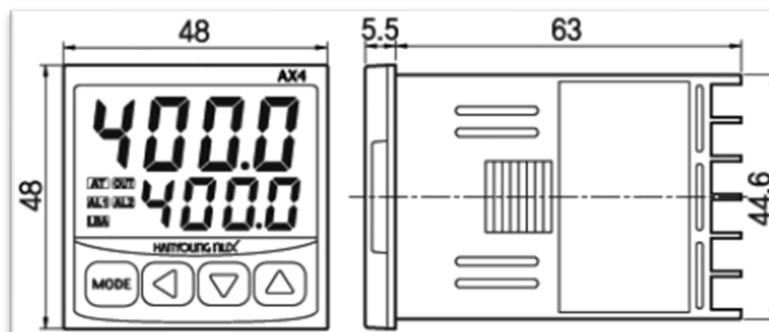
Fuente: Manual Hannyong AX

4.4.3.3. Control de ciclo de multipropiedad y control de fase de la salida

Se escoge el tipo de salida de pulso de voltaje que será mediante SSR. El control de ciclo de tiempo compartido activa y desactiva la salida proporcionando a una salida de ciclo. El ajuste será dar con el parámetro CT. Dentro del medio ciclo de la forma de onda de potencia, el control de fase controla una cantidad de salida calculando la fase de salida en ON como se aprecia en la figura 35. También en la figura 36 tenemos las dimensiones, mientras que en la figura 37 está presente el diagrama de conexión del control de temperatura.

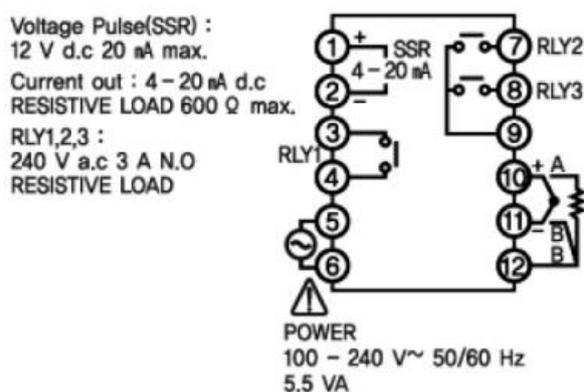
Figura 35**Control de ciclo de fase de una señal**

Nota. control de ciclo de fase de una señal. Fuente: Manual Hannyong AX

Figura 36*Dimensiones del controlador de temperatura*

Nota. dimensiones del hangyoung AX4

Fuente: Manual Hanyoung AX

Figura 37*Diagrama de conexión del controlador de temperatura*

Nota. diagrama de conexión del Hanyoung AX4

Fuente: Manual Hanyoung AX

4.5. Configuración del Controlador de Temperatura

Una vez conocido la ficha técnica del controlador de temperatura se procedió a realizar la siguiente configuración para poder realizar la sintonización PID. Realizamos la configuración del sensor de temperatura, en nuestro caso estamos utilizando el pt100 para obtener los valores. (input), así como se observa en la figura 38 la configuración del sensor de temperatura en el controlador de temperatura.

Figura 38*Configuración del sensor de temperatura**Nota. configuración del sensor de temperatura en el termostato*

Como se ve en la figura 39, seleccionamos las unidades de temperatura, normalmente se trabaja con unidades ° Celsius, luego activamos el comando (dP) para visualizar la temperatura censada en decimales.

Figura 39*Configuración de unidades de temperatura en decimales**Nota. configuración de unidades de temperatura en el termostato*

En la figura 40 se configura la ganancia proporcional que será la compensación de entrada de la planta, será mediante el comando (biAS) que nos permite compensar el desempeño deficiente de nuestra planta.

Figura 40*Configuración de la ganancia proporcional**Nota.* configuración de la sensibilidad del sensor de temperatura

Como se observa en la figura 41 se realizó un ajuste de límites para establecer los valores censados por el Pt100 [-100 - 400], con el comando (SLL, SLH)

Figura 41*Configuración de límites del sensor de temperatura**Nota.* rango de detección de temperatura en el termostato

En la figura 42 se realizó el ajuste para obtener una salida mediante un SSR con el comando (oCtr)

Figura 42

Configuración de la salida del controlador



Nota. configuración de la temperatura en el termostato

En la figura 43 se puede observar que se realizó un ajuste en el tipo de pulsos del voltaje la cual se seleccionó el comando (CYC) para el control de ciclo de multipropiedad, lo que se obtiene es una salida PWM para activar el SSR.

Figura 43

Configuración de ciclo de pulsos 1



Nota. configuración de una señal de salida armónica en el termostato

Se hizo un ajuste al controlador para que se pueda trabajar con la resistencia de inmersión con el comando (Ctrd), seleccionamos una acción reversa para el control de temperatura que consistirá en el proceso de calentamiento.

Figura 44*Configuración de acción de calentamiento**Nota.* configuración para el trabajo de calentamiento en el termostato

En este paso se realizó la configuración del controlador para que trabaje de modo P, PI, PD para obtener los parámetros PID con el comando (Ctrñ) como se puede apreciar en la figura 45.

Figura 45*Configuración de modos de operación**Nota.* configuración del método a trabajar en el termostato

Activamos el comando (SV). Para que nos permita manipular el set point y cambiarlo el valor deseado, en la figura 46 se puede observar la configuración.

Figura 46*Configuración para manipular el set point**Nota.* configuración del sensor de temperatura en el termostato

Se está trabajando con el proceso de calentamiento así que solo será necesario trabajar con una alarma. Como se puede apreciar en la figura 47 la configuración de accionamiento de controlador.

Figura 47*Configuración de accionamiento del controlador**Nota.* configuración del relay interno del termostato

Como se observa en la figura 48 ajustamos la banda proporcional mediante el comando (Pb). Cuyo valor será 1.

Figura 48*Configuración de la banda proporcional*

Nota. configuración del porcentaje del Set Point en el termostato

A continuación, se procede a configurar la alarma para que accione una vez alcanzada a cierta temperatura. En la figura 49 se configuran los valores de accionamiento.

Figura 49*Configuración de valores de accionamiento*

Nota. configuración de la alarma de accionamiento en el termostato

Una vez configurado nuestro controlador procedemos a definir nuestra entrada de temperatura con el comando (Sv), en la figura 50 se hace la configuración del set

point en el controlador de temperatura.

Figura 50

Configuración del set point



Nota. configuración de la entrada de temperatura en el termostato

Se ajustó la alarma para su activación cuando se accione fuera de su rango de valores establecidos con los comandos AL1L y AL1H en la figura 51 se observa la configuración de los valores para límites.

Figura 51

Configuración de valores para limites



Nota. configuración de valores de accionamiento en el termostato

4.6. Sintonización PID

A continuación, para ajustar los parámetros de sintonización PID, se empezó a aplicar los métodos de Ziegler Nichols:

Se debe tener en cuenta la definición de BiAS, es un comando para la compensación de entrada, es decir sensibilizar el sensor de temperatura (PT100). Será nuestra ganancia proporcional.

4.6.1. Método de tanteo

Este método requiere que el controlador y el sistema estén operando correctamente. El procedimiento consiste en poner en marcha los modos P, PI, PD, PID, ajustarlo poco a poco hasta tener una sintonización adecuada.

Modo P:

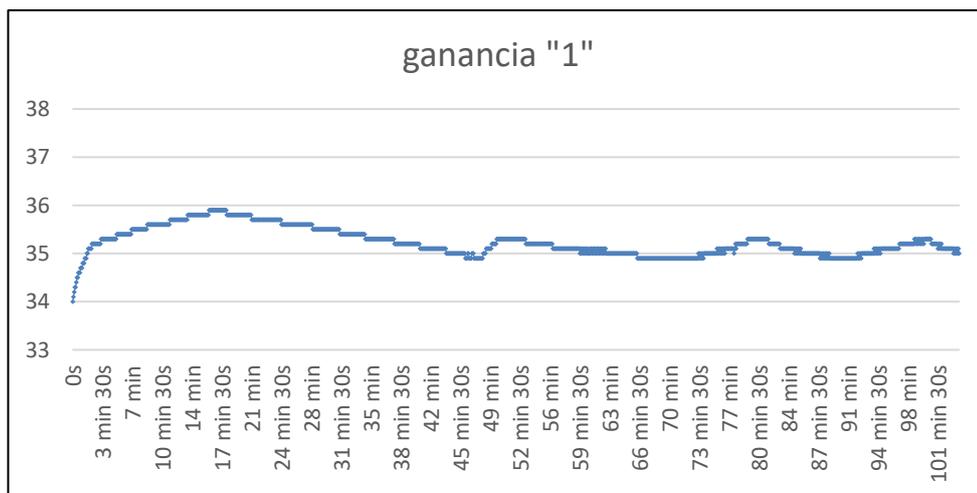
- Se comienza a operar con la ganancia cuyos valores son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.
- Poco a poco aumentamos la ganancia causando un estrecho en la banda proporcional
- Estabilizamos el comportamiento del sistema, hasta obtener una deseada en menor tiempo de sintonización. En las figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 y 59 siendo este el Modo P con las ganancias de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente.

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Duración del proceso: 1h 44min

Figura 52

Modo P con ganancia 1



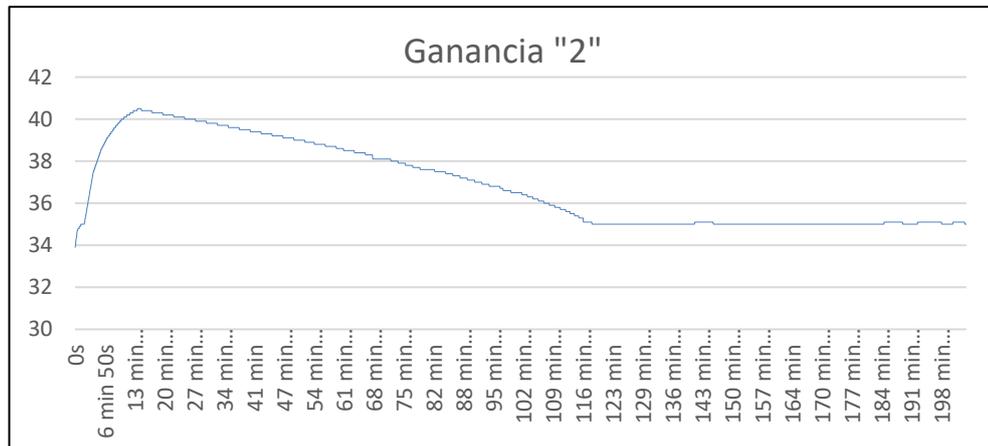
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 1

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 2
- Duración del proceso: 3h 20min

Figura 53

Modo P con ganancia 2



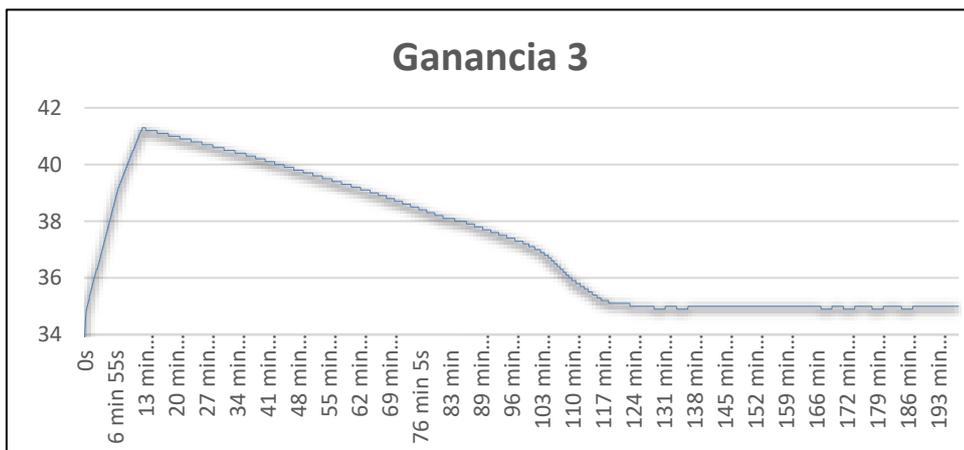
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 2

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 3
- Duración del proceso: 3h 18min

Figura 54

Modo P con ganancia 3



Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 3

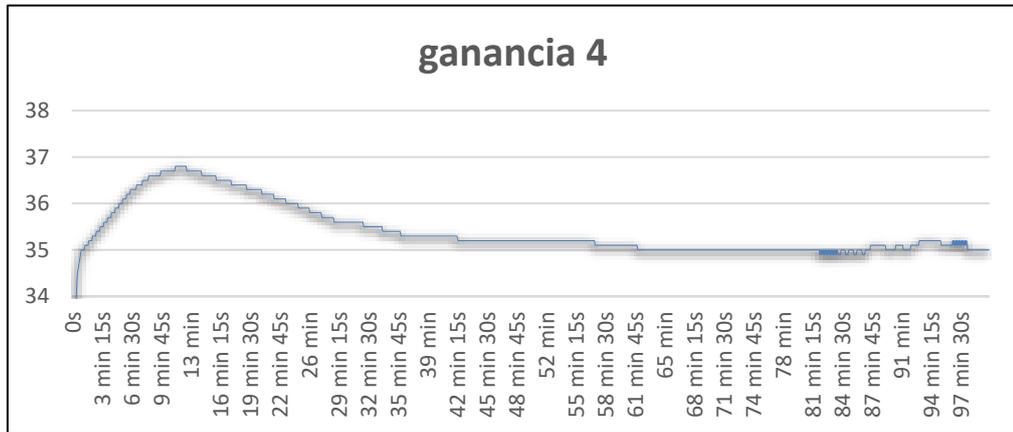
Datos:

- SP: 35°C

- Ganancia Proporcional: 4
- Duración del proceso: 3h

Figura 55

Modo P con ganancia 4



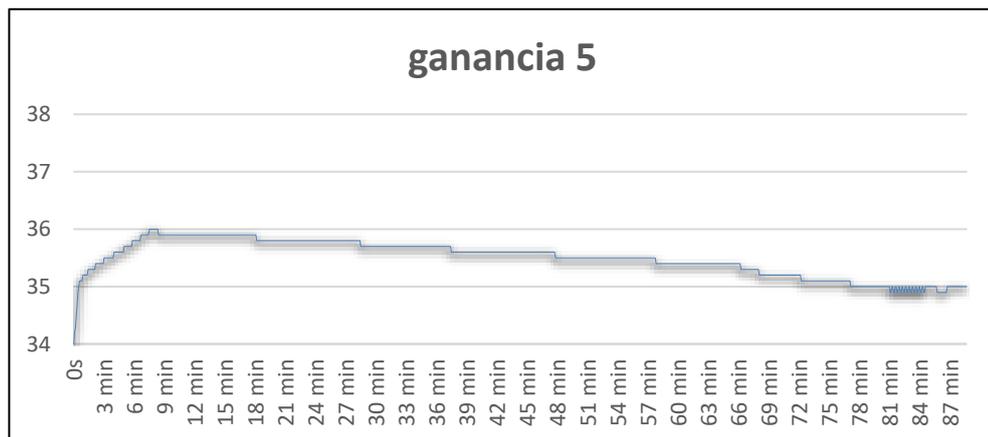
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 4

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 5
- Duración del proceso: 2h 40min

Figura 56

Modo P con ganancia 5

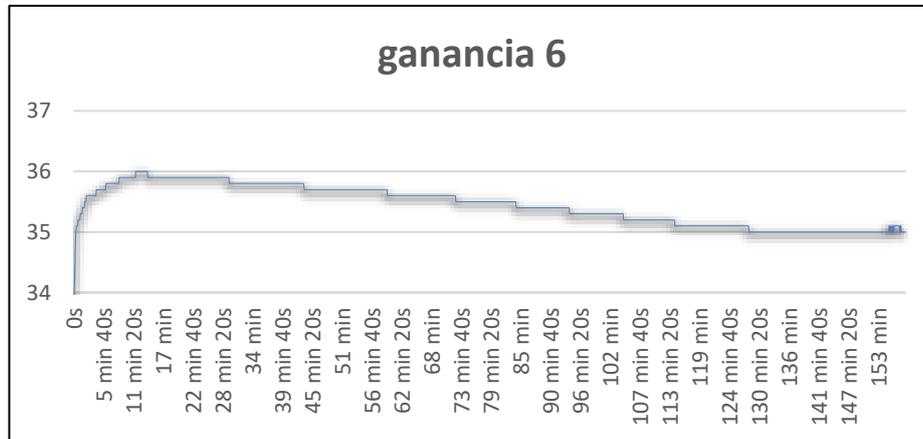


Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 5

Datos:

- SP: 35°C

- Ganancia Proporcional: 6
- Duración del proceso: 2h 38min

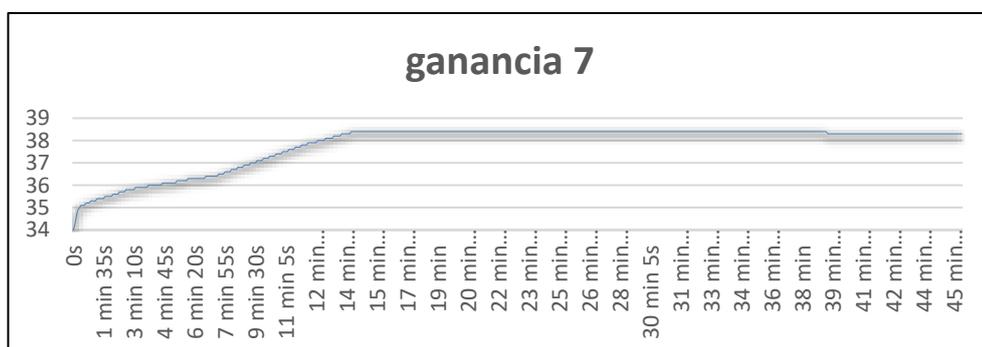
Figura 57*Modo P con ganancia 6*

Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 6

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 7
- Duración del proceso: 4h

Nota: la estabilización toma un tiempo de 4 horas luego alcanza la segunda onda

Figura 58*Modo P con ganancia 7*

Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 7

Datos:

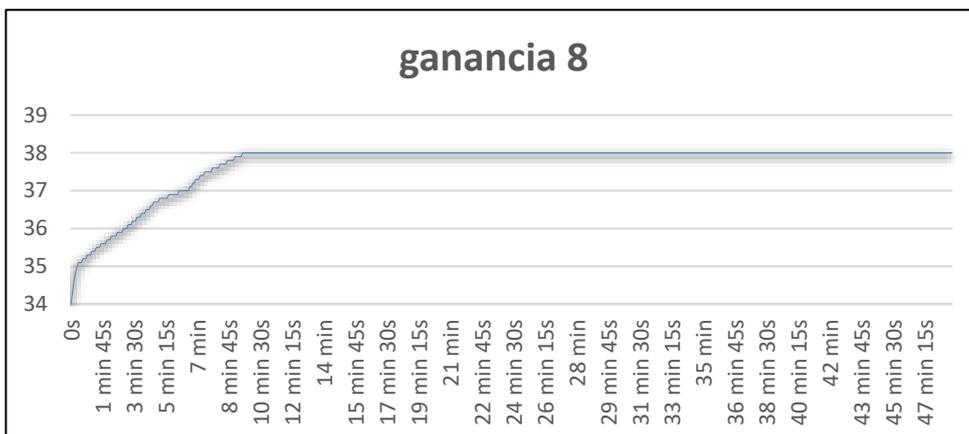
- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 8

- Duración del proceso: 4h

Nota: la estabilización toma un tiempo de 4 horas luego alcanza la segunda onda

Figura 59

Modo P con ganancia 8



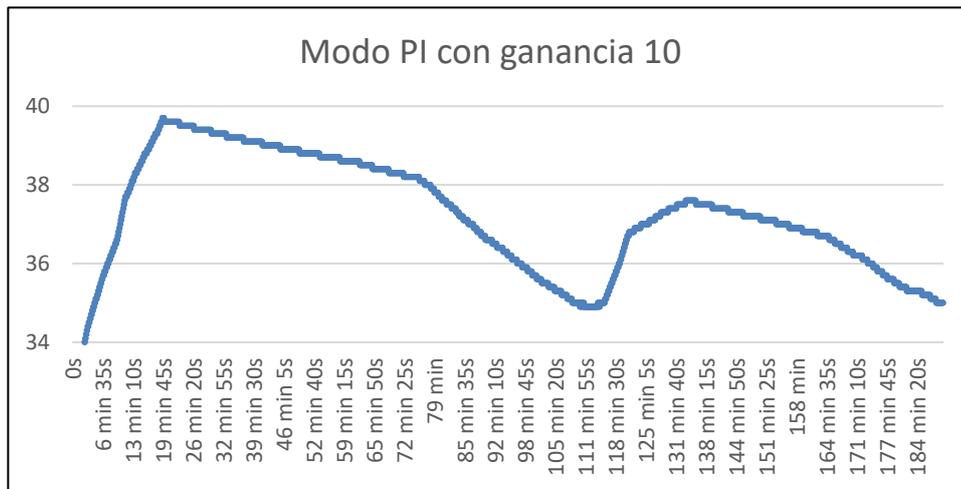
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 8

Modo PI:

- Se inicia con una ganancia integral cuyos valores son: 10, 15, 20
- Para este caso le damos una ganancia derivativa cuyo valor es 0
- Utilizamos la mejor ganancia obtenida del modo P.
- Estabilizamos el comportamiento del sistema, hasta obtener una deseada en menor tiempo de sintonización. Como podemos observar en las figuras de 60, 61 y 62 el comportamiento de la temperatura con el tiempo con las ganancias mediante el modo PI.

Datos:

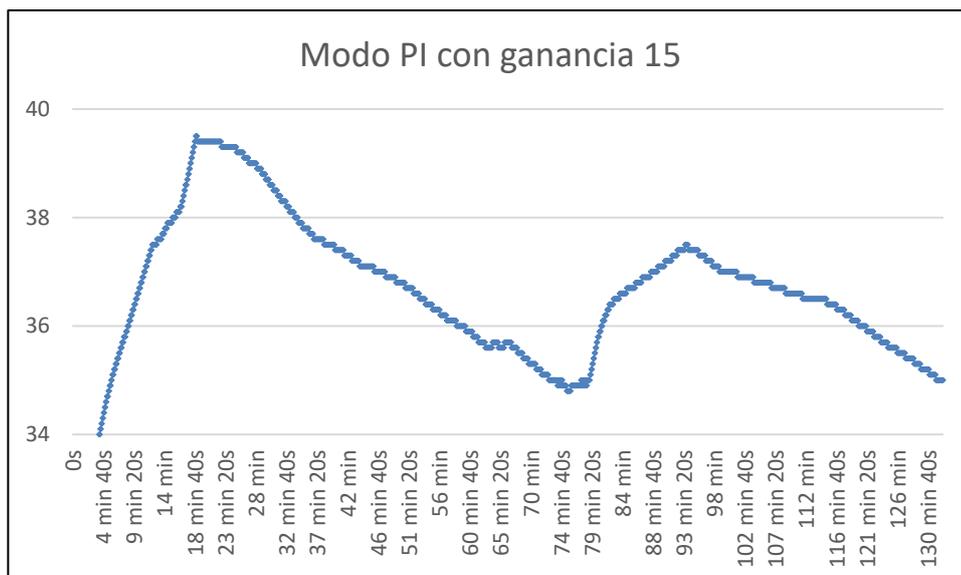
- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 10
- Tiempo Derivativo: 0
- Duración del proceso: 3h 10 min

Figura 60*Modo PI con ganancia 10*

Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 10

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 15
- Tiempo Derivativo: 0
- Duración del proceso: 2h 13 min

Figura 61*Modo PI con ganancia 15*

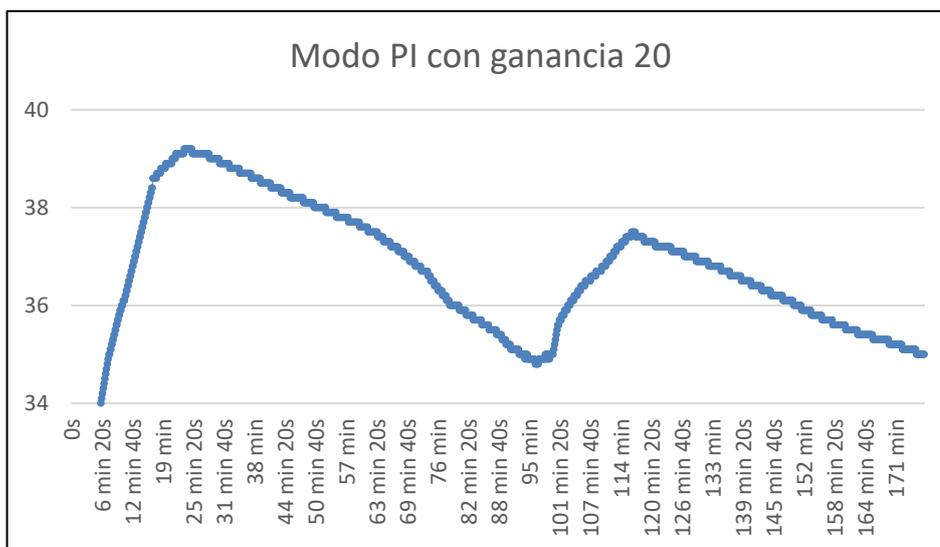
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 15

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 20
- Tiempo Derivativo: 0
- Duración del proceso: 2h 57 min

Figura 62

Modo PI con ganancia 20



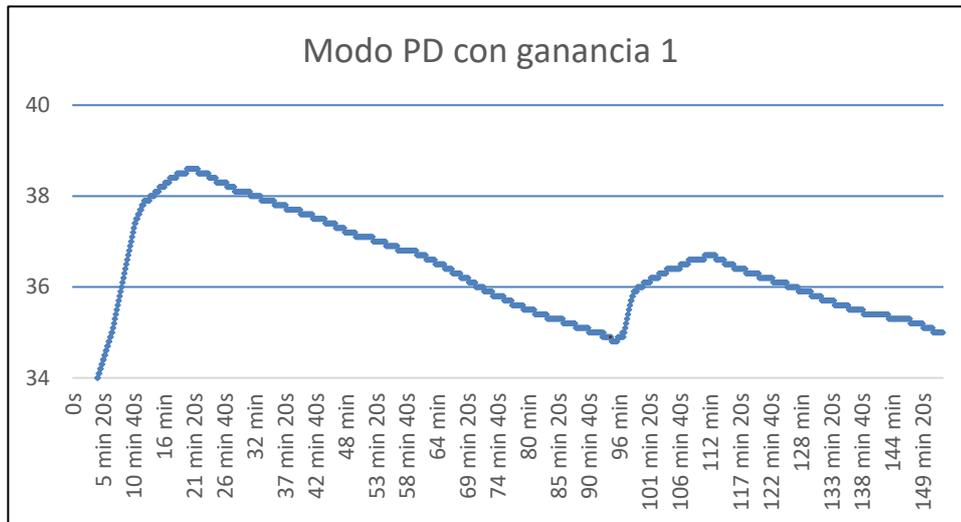
Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 20

Modo PD:

- Se inicia con una ganancia integral cuyos valores son: 1, 3
- Para este caso le damos una ganancia integral cuyo valor es 100
- Utilizamos la mejor ganancia obtenida del modo P.
- Estabilizamos el comportamiento del sistema, hasta obtener una deseada en menor tiempo de sintonización. Como se puede observar en las figuras 63 y 64 el comportamiento de la temperatura con el tiempo.

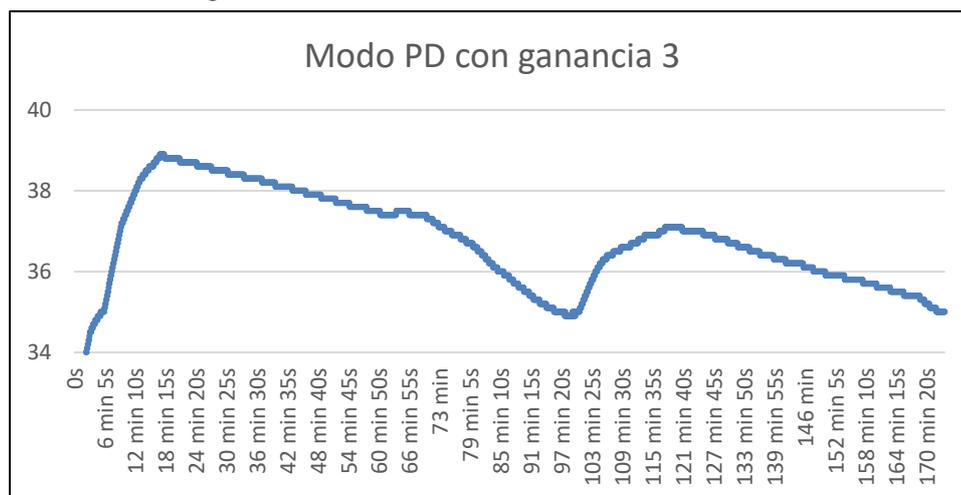
Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 100
- Tiempo Derivativo: 1
- Duración del proceso: 2h 33 min

Figura 63*Modo PD con ganancia 1**Nota.* obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 1

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 100
- Tiempo Derivativo: 3
- Duración del proceso: 2h 54 min

Figura 64*Modo PD con ganancia 3**Nota.* obtención de datos de nuestro sistema de control con ganancia 3

Modo PID:

- Ajustamos los parámetros con los mejores valores tomados del modo P, PI, PD.
- Estabilizamos el comportamiento del sistema, hasta obtener una deseada en menor tiempo de sintonización. Como se ve en la figura 65 el comportamiento de la temperatura respecto al tiempo mediante el modo PID.

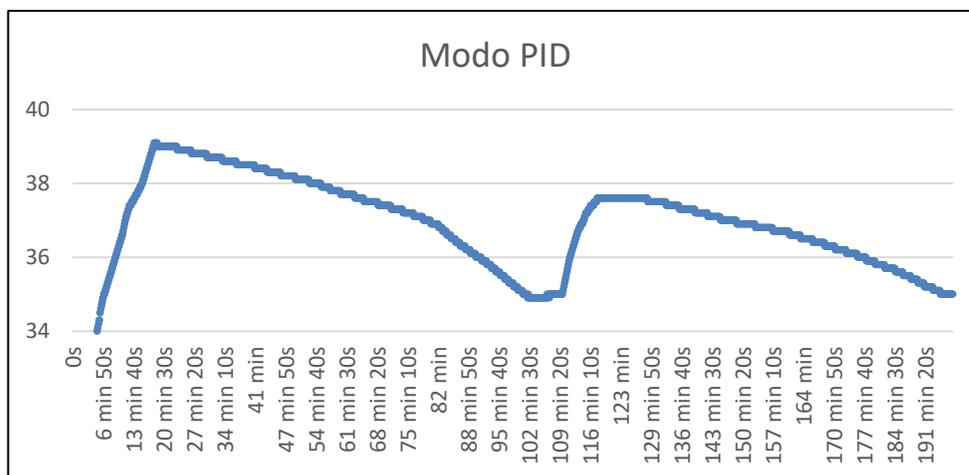
Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 1
- Tiempo Integral: 15
- Tiempo Derivativo: 3
- Duración del proceso: 3h 17 min

Nota: los parámetros de sintonía son tomados de los mejores valores del modo P, PI y PD

Figura 65

Modo PID (T)



Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control del PID

4.6.2. Método Ganancia Limite

Es uno de los métodos de Ziegler & Nichols que facilita la determinación de los parámetros PID. Se basa ajustar la ganancia proporcional, las constantes integrativo y derivativo de forma gradual. Los valores de los parámetros son bajos, lo que causa un

desplazamiento de la señal en el tiempo hasta empezar su oscilamiento.

A continuación, realizamos la calibración del sistema mediante un criterio de Área mínima de Ziegler Nichols que consiste en calcular los parámetros mediante la siguiente tabla 14.

Tabla 21

Parámetros de los controladores P, PI, PID según Ziegler Nichols (Ganancia Limite)

Control	Área Mínima	¼ Amplitud
P	$K_P = 0.5K_C$	$K_P \leq 0.5K_C$
PI	$K_P = 0.45K_C$	$K_P \leq 0.45K_C$
	$T_I = P_U/1.2$	$T_I = P_U$
PID	$K_P = 0.6K_C$	$K_P \leq 0.6K_C$
	$T_i = 0.5P_U$	$T_i = P_U/1.5$
	$T_d = P_U/8$	$T_d = P_U/6$

Nota. tabla determinada por Ziegler Nichols

Previamente realizamos un cálculo para el periodo de la onda entre onda y la ganancia con el criterio de Ziegler Nichols.

Datos:

- P_q = tiempo de cresta a cresta
- K_{pq} = ganancia

$$P_u = 0.9P \quad (3)$$

$$P_u = 0.9(94)$$

$$P_u = 84.6$$

$$K_{cu} = 1.67K_p \quad (4)$$

$$K_{cu} = 1.67(3)$$

$$K_{cu} = 5.01$$

Modo proporcional

Calculamos el parámetro de la ganancia Proporcional. Además, se hace un ajuste al controlador en modo Proporcional introduciendo el valor encontrado. En la figura 66 el grafico obtenido de la comparación de temperatura y el tiempo. Con la obtención de la ganancia proporcional que obtuvimos de la ecuación (5)

$$Kc = 0.5Kcu \quad (5)$$

$$Kc = 0.5(5.01)$$

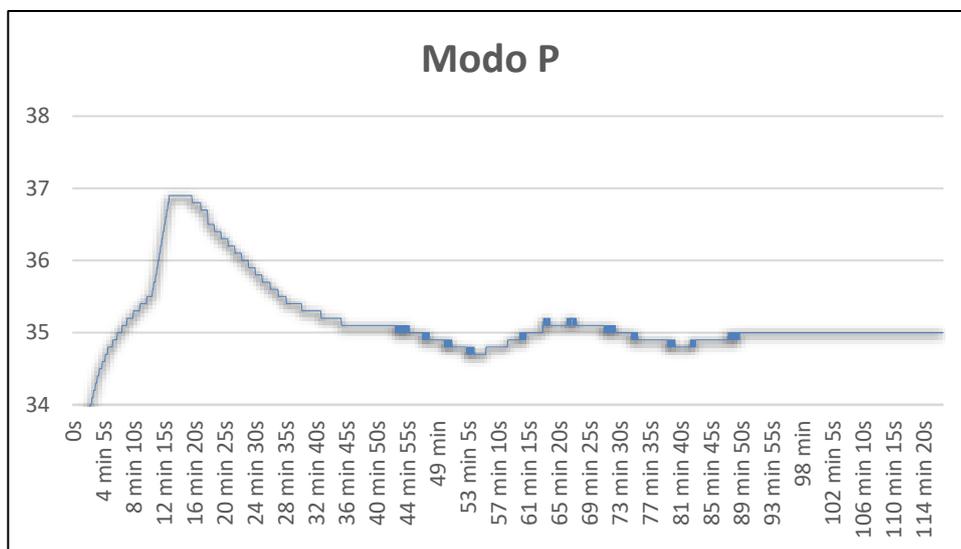
$$Kc = 2.505$$

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 2.5
- Duración del proceso: 1h 57 min

Figura 66

Modo P



Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control en modo P

Modo proporcional integrativo

Calculamos el parámetro de la ganancia Proporcional y el Tiempo integrativo. Además, se hace un ajuste al controlador en modo Proporcional Integrativo introduciendo los valores encontrados. En la figura 67 trabajamos el modo PI comparando la temperatura con el tiempo, como también incorporamos la ganancia proporcional y tiempo integral obtenidos de la ecuación (6) y (7).

$$Kc = 0.45Kcu \quad (6)$$

$$Kc = 0.45(5.01)$$

$$Kc = 2.25$$

$$Ti = Pu/1.2 \quad (7)$$

$$Ti = 84.6/1.2$$

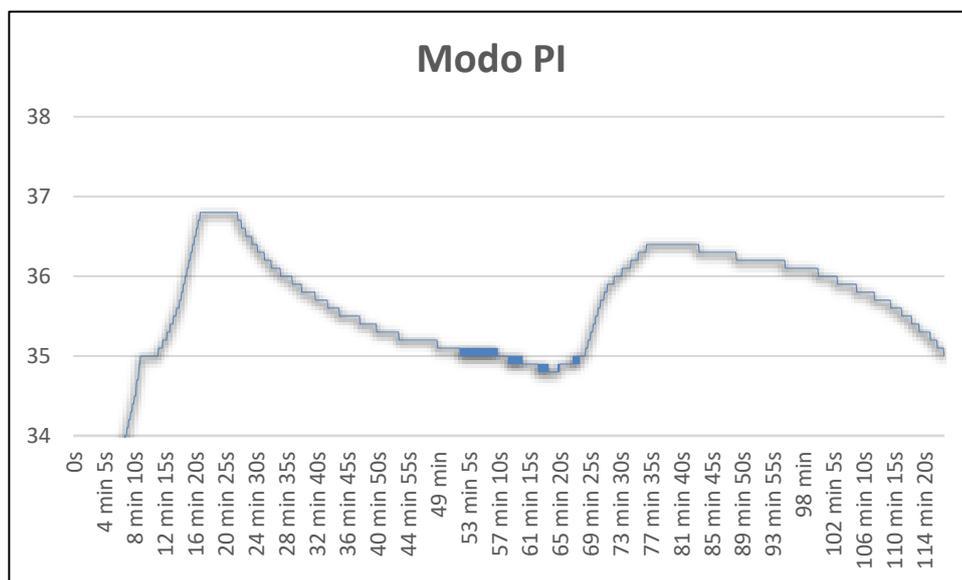
$$Ti = 70.5$$

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 2.3
- Tiempo Integral: 71
- Duración del proceso: 1h 57 min

Figura 67

Modo PI



Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control en modo PI

Modo proporcional integrativo Derivativo:

Calculamos el parámetro de la ganancia Proporcional, el Tiempo integrativo y el Tiempo Derivativo. Además, se hace un ajuste al controlador en modo Proporcional Integrativo Derivativo introduciendo los valores encontrados. En la figura 68 trabajamos con el modo PID comparando la temperatura con el tiempo. Incorporando la ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo encontrados mediante las ecuaciones (8), (9) y (10).

$$Kc = 0.6Kcu \quad (8)$$

$$Kc = 0.6(5.01)$$

$$Kc = 3.06$$

$$Ti = Pu/2 \quad (9)$$

$$Ti = 84.6/2$$

$$Ti = 42.3$$

$$Td = Pu/8 \quad (10)$$

$$Td = 84.6/8$$

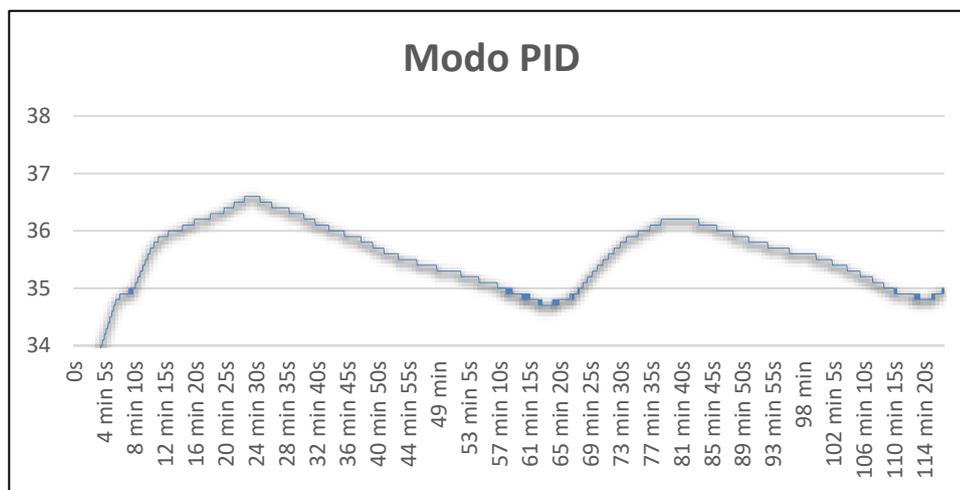
$$Td = 10.575$$

Datos:

- SP: 35°C
- Ganancia Proporcional: 3.1
- Tiempo Integral: 42
- Tiempo Derivativo: 11
- Duración del proceso: 2h

Figura 68

Modo PID (G)



Nota. obtención de datos de nuestro sistema de control en modo PID

Al finalizar los métodos de tanteo y ganancia limite, podemos observar que el mejor comportamiento de la onda y menor tiempo se refleja en los modos P, PI, PID de ganancia limite. A continuación, será encontrar la Integral del error absoluto.

Para lo cual la integral del error absoluto es una integral definida representada por la integral de la diferencia del Set Point y la salida del sistema cuyos límites son 0 – ∞ .

$$\int_0^{\infty} |y(t)_{SP} - y(t)_S| dt \dots \dots \dots (11)$$

$$\int_0^{\infty} \text{viene siendo semejante a la sumatoria de } 0 \text{ a } n - \text{valores} \sum_0^n \dots \dots \dots (12)$$

El error absoluto viene siendo la cantidad de valor de error de la salida. El proceso consiste en mostrar valores de la salida del sistema con una proximidad al Set Point. Tiende a producir una respuesta más lenta, para que los sistemas sean más optimo, pero generalmente con una oscilación menos sostenida. Ahora con los valores insertado a Excel, encontraremos el promedio del error de la salida mediante Excel.

- IAE de Modo Proporcional = 459.4
- IAE de Modo Proporcional Integrativo = 1155.9
- IAE de Modo Proporcional Integrativo Derivativo = 1005.2

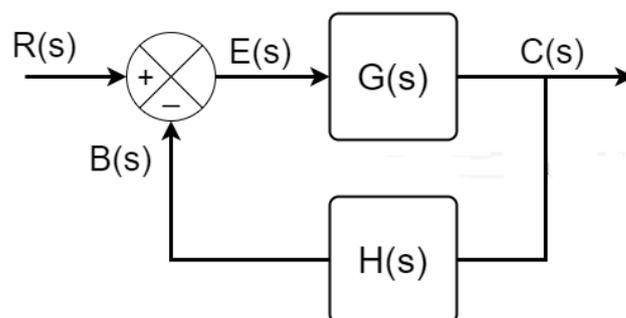
Podemos apreciar que el método de la ganancia limite más eficiente es en el Modo Proporcional, porque se obtiene un sistema optimo que posea un amortiguamiento razonable y una respuesta transitoria satisfactoria.

4.6.3. Función de Transferencia

La función de transferencia es un modelo matemático que relaciona la salida con la entrada de nuestro sistema de control. El sistema de control se trata de un lazo cerrado el cual tiene un diagrama de bloque el cual se puede apreciar en la figura 69:

Figura 69

Función de Transferencia del sistema



Nota. diagramas de bloque de un sistema PID

Fuente: Ingeniería del control moderna, tercera edición, Katsuhiko Ogata (1998)

Donde:

$R(s)$ es la Set Point.

$E(s)$ es el error ($R - B$).

$C(s)$ es la Salida del proceso.

$B(s)$ es la salida del sensor instalada en el proceso.

La entrada y la salida se relacionan de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} C(s) &= G(s)E(s) \\ E(s) &= R(s) - B(s) \\ &= R(s) - B(s) \\ &= R(s) - H(s)C(s) \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

Eliminando $E(s)$ de estas ecuaciones da:

$$C(s) = G(s)[R(s) - H(s)] \dots \dots \dots (14)$$

O de la siguiente forma:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \dots \dots \dots (15)$$

Dejando la función de transferencia:

$$C(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} R(s) \dots \dots \dots (16)$$

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Con la utilización de los materiales se desarrolló un diseño con los protocolos deseados como también el equipo debe ser puesta en marcha en un ambiente controlado para su mejor desempeño. Nuestro diseño de baño maría es del tipo de agua no circulante. Se puede diseñar un equipo baño maría que sea del tipo de agua circulante como es el trabajo realizado Oña y Rodríguez (2015). Como también proponen un diseño con un controlador PID para ingresar y visualizar los datos, utilizaron una interfaz HMI. En nuestro diseño se trabajó con dimensiones menores ya que nos concentramos que sean para ser utilizadas para biberones. Se puede diseñar un baño maría con mayores dimensiones o capacidad para realizar otro tipo de operaciones de trabajo como es el caso de Guayasamín y Molina (2022). Quienes diseñaron un baño maría con mayores dimensiones para hacer pruebas de tratamientos térmicos para alimentos, el de desinfectar las bacterias de los alimentos y vegetales. Dando un aporte importante para la agroindustria. Cuando se trata de adquisición de datos experimentales, se debe tener en cuenta que el sistema debe ser óptimo, en este caso parte de la tesis consiste en obtener datos de nuestro sistema de control. Por el método de Ganancia límite se hizo la comparación de los valores IAE ya que es un método que determina el mejor desempeño del sistema de los modos P, PI y PID, llegándose a encontrar que el menor valor de IAE óptimo para nuestro sistema de control es el modo P, el cual tiene una IAE de menor error acumulado en el tiempo.

CONCLUSIONES

Se logro diseñar, implementar y sintonizar un equipo Baño María que permita el control de temperatura de biberones. Llevándose a cabo los métodos de sintonización para obtener la mejor estabilización de la señal de salida del sistema de control de nuestra planta.

Se logro identificar los dispositivos y materiales óptimos para que se requieren para controlar la temperatura de un equipo Baño María. Por lo que fue necesario conocer las fichas técnicas de los componentes del sistema, además se añadió sustancias para evitar la presencia de oxidación.

Se logro determinar los parámetros de sintonía para realizar el control de temperatura de un equipo Baño María. Mediante los métodos de sintonización recomendados por Ziegler Nichols. La recopilación de datos debe ser cada 5 segundos precisar los resultados obtenidos en una temperatura ambiente controlada.

Se logro implementar un sistema de control haciendo uso de un controlador el cual permitió regular la temperatura deseada, para la esterilización de la leche materna. Como también se diseñó un circuito impreso para la distribución de la corriente alterna a los componentes del sistema con un punto de aterramiento para prevenir descargas eléctricas.

RECOMENDACIONES

Para usos del equipo baño maría se debe realizar 3 tipos de mantenimiento: Diario, Semanal y Mensual. En el mantenimiento diario: se debe realizar limpieza y desinfección del equipo para evitar la acumulación de oxido, en el mantenimiento semanal se debe revisar y analizar los componentes electrónicos para evitar las averías, en el mantenimiento mensual: se debe realizar un mantenimiento correctivo verificando si la placa este en buen estado o cualquier otro componente, en caso contrario, se debe reemplazar el componente. Se recomienda que, si el equipo presenta una falla o avería, llamar al técnico encargado. Para culminar se puede utilizar un tipo de resistencia tipo M para una mejor distribución por convección térmica en nuestro baño maría.

Verificar que el establecimiento de salud cuente con un pozo tierra en buen estado, ya que, según las normas de la MINSA describen que un pozo tierra es de uso obligatorio para la seguridad eléctrica del equipo y usuario.

Llenar el equipo con agua destilada tanto en el recipiente como en el equipo en el nivel indicado, ya que se corre el riesgo de desborde. Tener en cuenta que, al momento de manipular el equipo, este debe estar completamente seco, para evitar cualquier tipo de descargar eléctrica. Se recomienda apagar y desconectar correctamente el equipo después de su uso.

Se recomienda no exceder el almacenamiento de 2 biberones en el equipo baño maría. y colocar los biberones cuando el equipo llegue a la temperatura deseada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez (2019). *“El proceso de medicalización de la lactancia materna en España en el primer tercio del siglo XX”*. Tesis de la universidad autónoma de Barcelona del Febrero del 2019 file:///C:/Users/ASUS/Downloads/ffa1de1.pdf
- AX series (2023). *“Manual de hanyoung AX”*. Manual http://www.ssint.com.mx/Manual_AX_series.pdf
- Benites C. (diciembre 2014). *“diseño conceptual de sistema integrado para pasteurizado de leche materna en el instituto nacional materno perinatal”*. Tesis de la universidad de Piura https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4481/IME_2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blazickova, S., Rovenský, J., Koska, J. y Vigas, M. (2000). *“Efecto del baño maría hipertérmico sobre parámetros de inmunidad celular”*. 1 de enero del 2000 <https://europepmc.org/article/med/11146901>
- Carrasco, L. (mayo 2020). *“diseño e implementación de un control PID IMC para planta piloto de refrigeración”*. Tesis de la universidad de Piura https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4481/IME_2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Electromatic (2012). Plantas industriales: instrumentación y control de procesos <https://electromatic2012.blogspot.com/2020/09/curso-plantas-industriales.html>
- Electrónica Joan (2023). *“Relé de estado Sólido”*. Artículo <https://electrojoan.com/rele-de-estado-solido/>
- Fundación Técnica Industrial (2023). *“Termoelectricidad, la energía del desequilibrio”*. Revista Técnica Industrial <https://www.tecnicaindustrial.es/termoelectricidad-la-energia-del-desequilibrio/>
- Giffin, A. (2021). *“lista de verificación ambiental y anexo”*. 10 de mayo del 2021 <https://policycommons.net/artifacts/2632233/environmental-checklist-and-addendum/3654927/>
- Guayasamín, M. J., y Molina, J. T. (2022). *“Construcción de un baño maría para pruebas de tratamientos térmicos a nivel de laboratorio”*. 18 de enero del 2022.

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8678/1/TESIS%20FINAL%20Srta.Maria%20Guayasamin%20y%20Joselin%20Molina%20firmado-signed.pdf>

- Herrera, P. (2019). *“diseño de un sistema automático de control y registro de temperatura para el proceso de pasteurización en la industria alimentaria”*. Tesis de la universidad tecnológica del Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2970/Pedro%20Herrera_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Linzhi Zhai, Qin Zhong, Chuan He, Juan Wang, (2010). *“Líquidos iónicos de hidroxilamina sintetizados por agua - baño microondas: Síntesis y desulfuración”*. 15 de mayo del 2010 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389410000038>
- Martinez. J., Plaza K., Contreras A., y Osorio L. (2022). *“Adopción del rol materno en la lactancia materna desde la teoría ramona mercer: reporte de caso”*. Marzo del 2022. https://www.researchgate.net/profile/judith-martinez-royert2/publication/359383549_adoption_of_the_maternal_role_in_breastfeeding_from_the_ramona_mercer_theory_case_report/links/6238b34254e2be6c993fac5c/adoption-of-the-maternal-role-in-breastfeeding-from-the-ramona-mercer-theory-case-report.pdf
- Ogata, K. (2003). *“Ingeniería de Control Moderna”*. Libro de la universidad de Minnesota, Pearson, 3ra edición. <https://biblioteca.cio.mx/ebooks/e0213.pdf>
- Oña, H. y Rodríguez, G. (2015). *“diseño y construcción de un baño maria utilizando un controlador pid fuzzy para el laboratorio de inmunología de la universidad de las fuerzas armadas – espe.”*. 16 de octubre del 2015 <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11535/1/T-ESPE-053012.pdf>
- OPA (Organización Panamericana de la Salud) (2005). Manual de Mantenimiento para Equipo de Laboratorio. https://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/manual_de_mantenimiento.pdf
- Piensa (2018) Qué es un optoacoplador, funcionamiento y aplicaciones. <https://piensa3d.com/que-es-un-optoacoplador-funcionamiento-aplicaciones/>
- Pitino, M. (2018). *“Investigación de técnicas de pasteurización alternativas y emergente para construcción humana”* [tesis de maestría, universidad de Toronto, Canadá]. https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/95630/3/Pitino_Michael_A._201806_MSc_thesis.pdf

- Rohit, C., Darivanh, V., Jabili, K., Palludan, A. y Bilbao, M. (2011). *“Un sistema para la pasteurización segura por calor instantáneo de la leche materna”*. Junio del 2011, pag. 9 – 14 <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1999927.1999932>
- Sara, J., y Shields, A. B. (2010). *“Una revisión crítica de los sistemas eléctricos de aturdimiento por baño de agua para el sacrificio de aves de corral y desarrollos recientes en tecnologías alternativas”*. 23 de septiembre 2010 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10888705.2010.507119>
- Sudhir, W., Aksshay, K., Shilpa, K., Vishakha, H., Sampada, P. y Uday, D. (2020). *“nuevo pasteurizador de leche materna humana – totalmente dispositivo automatizado, fácil de usar y rentable para aplicación universal”*. 28 de agosto del 2020 <https://assets.researchsquare.com/files/rs-67152/v1/2a9b59f7-ae15-469a-abad-ff80bb22120c.pdf?c=1631854188>
- Valera (2016). Modelado y Control en el Espacio de estados. Univesitat Politècnica de València.
https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/edea5442-cf02-4018-95e9-78a7ed411af9/TOC_0503_06_01.pdf?guest=true

ANEXOS

Anexo 1 “Matriz de consistencia”

Planteamiento del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema General</p> <p>¿Con el diseño, implementación y sintonía de un equipo baño maría permitirá el control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado?</p> <p>Problema Específico</p> <p>¿Cuáles serán los dispositivos y materiales óptimos para un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?</p> <p>¿Qué Parámetros de sintonía intervienen en un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?</p> <p>¿Con que sistema se regulara la potencia de una resistencia eléctrica para un equipo baño maría, que permita el control de temperatura?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar, Implementar y Sintonizar un equipo baño maría que permita control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar los dispositivos y materiales óptimos que se requieran para controlar la temperatura para un equipo baño maría</p> <p>Determinar los parámetros de sintonía para realizar el control de temperatura de un equipo baño maría</p> <p>Implementar un sistema de control que permita regular la potencia de una resistencia eléctrica para un equipo baño maría.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El diseño e implementación de un equipo baño maría permite el control de temperatura PID en los biberones.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>La identificación de dispositivos y materiales óptimos beneficiara el control de temperatura en los biberones.</p> <p>La determinación de parámetros de sintonía permite el control de temperatura de biberones en un tiempo adecuado.</p> <p>La implementación de un sistema de control regula la potencia de una resistencia de inmersión.</p>	<p>Variable de Estudio</p> <p>Equipo Baño María para el control de temperatura de biberones</p>	<p>Tipo de estudio</p> <p>La investigación es de tipo aplicada o tecnológica porque se utilizan los conocimientos de ingeniería para aplicarlos en beneficio de la sociedad</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>El nivel de investigación es aplicativo porque permite determinar los efectos de la implementación de una solución tecnológica</p>

Anexo 2 “Datos en tiempo Real en el Método de tanteo”

Modo Proporcional

Ganancia 1

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	34	100
5s	34,1	96
10s	34,2	94
15s	34,3	91
20s	34,3	90
25s	34,4	88
30s	34,5	85
35s	34,5	83
40s	34,6	76
45s	34,6	70
50s	34,6	66
55s	34,7	55
1 min	34,7	49

Ganancia 2

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	33,9	0
5s	34	0
10s	34,2	0
15s	34,3	0
20s	34,4	0
25s	34,6	0
30s	34,7	0
35s	34,7	0
40s	34,8	0
45s	34,8	0
50s	34,8	0
55s	34,8	0
1 min	34,9	0

Ganancia 3

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	33,9	100
5s	34,1	98
10s	34,4	86
15s	34,6	72
20s	34,7	34
25s	34,9	21
30s	34,9	8
35s	35	0
40s	35	0
45s	35,1	0
50s	35,1	0
55s	35,2	0
1 min	35,2	0

Ganancia 4

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	29,7	100
5s	31,2	100
10s	32	100
15s	32,8	100
20s	33,4	100
25s	33,8	100
30s	34,2	91
35s	34,5	86
40s	34,6	72
45s	34,7	34
50s	34,8	18
55s	34,9	6
1 min	35	0

Ganancia 5

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	34	100
5s	34,2	98
10s	34,3	86
15s	34,5	64
20s	34,7	46
25s	34,9	11
30s	35	0
35s	35,1	0
40s	35,1	0
45s	35,1	0
50s	35,1	0
55s	35,2	0
1 min	35,2	0

Ganancia 6

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	33,9	100
5s	34	100
10s	34,2	82
15s	34,5	56
20s	34,8	21
25s	35	0
30s	35,1	0
35s	35,1	0
40s	35,1	0
45s	35,1	0
50s	35,2	0
55s	35,2	0
1 min	35,2	0

Ganancia 7

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	34	100
5s	34,2	80
10s	34,6	56
15s	34,9	19
20s	35	0
25s	35,1	0
30s	35,1	0
35s	35,1	0
40s	35,2	0
45s	35,2	0
50s	35,2	0
55s	35,3	0
1 min	35,3	0

Ganancia 8

TIEMPO	TEMP	OUTPUT
0s	34	100
5s	34,3	76
10s	34,6	45
15s	34,8	15
20s	35	0
25s	35,1	0
30s	35,1	0
35s	35,1	0
40s	35,2	0
45s	35,2	0
50s	35,2	0
55s	35,3	0
1 min	35,3	0

Modo Proporcional Integrativo

Ganancia 10

TIEMPO	TEMP
0s	32,4
5s	32,4
10s	32,5
15s	32,5
20s	32,6
25s	32,6
30s	32,7
35s	32,7
40s	32,8
45s	32,8
50s	32,9
55s	32,9
1 min	33

Ganancia 15	
TIEMPO	TEMP
0s	31,6
5s	31,6
10s	31,7
15s	31,7
20s	31,8
25s	31,8
30s	31,9
35s	31,9
40s	32
45s	32
50s	32,1
55s	32,1
1 min	32,2

Ganancia 20	
TIEMPO	TEMP
0s	28,8
5s	28,9
10s	29
15s	29,1
20s	29,2
25s	29,3
30s	29,4
35s	29,5
40s	29,6
45s	29,7
50s	29,8
55s	29,9
1 min	30

Modo Proporcional Derivativo

Ganancia 3	
TIEMPO	TEMP
0s	31,4
5s	31,5
10s	31,6
15s	31,7
20s	31,8
25s	31,9
30s	32
35s	32,1
40s	32,2
45s	32,3
50s	32,4
55s	32,5
1 min	32,6

Ganancia 1	
TIEMPO	TEMP
0s	30,2
5s	30,3
10s	30,4
15s	30,5
20s	30,6
25s	30,7
30s	30,8
35s	30,9
40s	31
45s	31,1
50s	31,2
55s	31,3
1 min	31,4

Modo Proporcional Derivativo Integrativo

TIEMPO	TEMP
0s	31,2
5s	31,2
10s	31,2
15s	31,3
20s	31,3
25s	31,3
30s	31,4
35s	31,4
40s	31,4
45s	31,5
50s	31,5
55s	31,5
1 min	31,6

Anexo 3 “Datos en tiempo Real en el Método de Ganancia limite”

Modo Proporcional

TIEMPO	TEMP	IAE
0s	31,6	3,40
5s	31,7	3,30
10s	31,8	3,20
15s	31,9	3,10
20s	32	3,00
25s	32,1	2,90
30s	32,2	2,80
35s	32,3	2,70
40s	32,4	2,60
45s	32,5	2,50
50s	32,6	2,40
55s	32,7	2,30
1 min	32,8	2,20

Modo Proporcional Integrativo

TIEMPO	TEMP	IAE
0s	31,9	3,1
5s	31,9	3,1
10s	31,9	3,1
15s	32	3
20s	32	3
25s	32	3
30s	32	3
35s	32,1	2,9
40s	32,1	2,9
45s	32,1	2,9
50s	32,1	2,9
55s	32,2	2,8
1 min	32,2	2,8

Modo Proporcional Derivativo Integrativo

TIEMPO	TEMP	IAE
0s	31,8	3,2
5s	31,8	3,2
10s	31,9	3,1
15s	31,9	3,1
20s	32	3
25s	32	3
30s	32,1	2,9
35s	32,1	2,9
40s	32,2	2,8
45s	32,2	2,8
50s	32,3	2,7
55s	32,3	2,7
1 min	32,4	2,6

Anexo 4 “Ficha técnica del PT100”

Platinum Resistance Temperature Sensor

GAIMC

GTS300



DESCRIPTION ///

Platinum resistance temperature sensor is a temperature sensor which is made by using the resistance of metal platinum (pt) as a function of temperature. It is widely used because of its high measurement accuracy, large measurement range, reproducibility and stability. Temperature measurement in the range of medium temperature (-200℃~ 650℃)

FEATURES ///

- High precision and good stability ;
- High sensitivity and good linearity ;
- The response time is small and the interchangeability is good ;
- Small structure, easy installation and good waterproofness ;
- Adopting imported German film chip,

APPLICATION ///

Platinum resistance temperature sensor is mainly used in high precision temperature equipment such as medical, motor, industrial, temperature calculation, resistance calculation, etc., and its application range is very wide . .

Anexo 5 “Ficha técnica Controlador de temperatura”

MA0613E130206

Digital temperature controller

AX series

INSTRUCTION MANUAL

Thank you for purchasing HANYOUNG product.
Please check whether the product is the exactly same as you ordered.
Before using the product, please read this instruction manual carefully.
Please keep this manual where you can view at any time

HEAD OFFICE

INDONESIA
FACTORY



HANYOUNGNUX CO.,LTD

28, Gilsa-ro 71beom-gil, Nam-gu, Incheon, Korea
TEL : 82-32876-4687 FAX : 82-32876-4686 http://www.hymux.net

PT. HANYOUNG ELECTRONIC INDONESIA

JL.CEMPAKA BLOK F 16 NO.02 DELTA SILICON II INDUSTRIAL PARK LPPD OKARANG
DICAL, OKARANG PUSAT, BEKASI INDONESIA 17550 TEL : 62-21-8911-8120-4 FAX : 62-21-8911-8126

Safety information

Alerts declared in the manual are classified to Danger, Warning and Caution by their criticality

	DANGER	DANGER indicates an imminently hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury
	WARNING	WARNING indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury
	CAUTION	CAUTION indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in minor or moderate injury

Danger

The electric shock may occur in the input/output terminal so please never let your body and/or conductive substance to be contacted by the input/output terminal.

Warning

- Since this product is not designed as a safety used device the user must install double safety equipment when the product is used for equipment with possible fatal accident or large property damage.
- The power switch and fuse are not installed on this product so users need to install them separately on the outside. (Fuse rating: 250V 0.5A)
- Please supply in the rated power supply voltage in order to prevent this product from breaking down or damaged.
- This is not designed as explosion-protective structure so avoid using this product at places where gas inflammability and explosive gases exist.
- Do not supply in the power until all wiring is fully completed in order to prevent the product from breaking down and prevent users from getting electric shock.
- Do not disassemble, manufacture, upgrade and repair the product by yourself. Doing so will break down the product, generate the electric shock and cause malfunction to occur.
- Please turn OFF the product and disassemble the product. Not doing so will break down the product, generate the electric shock and cause malfunction to occur.
- Electric shock may occur when operating this product so please install this product to the panel and use it

Caution

- The contents of this manual may be changed without prior notification
- Please check for correct model type and specification
- Please check for any damage or abnormality may caused during shipment.
- Please use this product at following range.
Ambient temperature: -5 ~ 50 °C (when installing them close to each other, max. 40 °C) / humidity : 35 ~ 85 % RH (but without dew condensation)
- Please avoid the places where corrosive gas (especially noxious gas, ammonia and etc) and inflammable gas exist
- Please do not use this product at places where the vibration or impact is applied directly.
- Please avoid the places where liquid, oil, medical substances, dust, salt or iron contents exist (avoid place of pollution level 1 or 2)
- Do not clean the product with the organic solvent such as alcohols, benzene and etc. (Use neutral detergent)
- Please avoid the places where huge inductive interference exists and places where static electricity/soft noise are generated.
- Please avoid the places where heat accumulates due to the direct sunlight, radiation and etc. We recommend using it at altitude below the 2000 m.
- If the device is touched or contacted by water then short-circuit and fire may occur so please inspect the device carefully.
- With the thermocouple input, please use the stated compensation cable. (Using regular compensation cable will generate the temperature error)
- With the RTD input, please use the cable with less lead-wire resistance and no difference in the resistance among 3-wires. Using regular cable will generate the temperature error
- For the input signal wire, please avoid from the power line and lead line in order to avoid from the induction noise.
- Separate the input signal wire and output signal wire and if separating them from each other is impossible, then please use the shield wire for the input signal wire.
- For the thermocouple, please use it as the un-grounding type. (When using the grounding type, malfunction may occur due to the electric leakage)
- When there are too much noises generating from the power, we recommend using the insulation Trans and noise filter. Noise filter must be mounted to the panel or etc that is grounded and please try to make the wiring of output and power terminal meter as short as possible.
- Tightly twisting the power line meter will reduce the noise generation
- If alarm function is not set properly, alarm will not be generated when it should so please check for the operation before running the product.
- When replacing the sensor, please turn OFF the power
- If operation frequency is too high (such as proportional operation and etc) and connecting the maximum rated load to output relay will shorten the life expectancy therefore, please use the auxiliary relay. We recommend using the SSR output type in such cases.
- When using the electrical switch: Set proportional cycle min 20 sec
- When using the SSR: Set proportional cycle min 1 sec
- Do not wire anything to the un-using terminal
- Please check the polarity of terminal before wiring.
- When installing this product to the panel, please use the authorized switch or circuit breaker (authorized by IEC60947-1 or IEC60947-3)
- Please install the switch or circuit breaker close to the operator for users' convenience
- Because switch or circuit breaker is being installed, please make a note on the panel that operating the switch or circuit breaker will block the power.
- We recommend the continuous inspection and repair in order to use it safely for a long period of time.
- Some parts in this product have life expectancy and gets old as time elapses.
- The warranty period is one year including the parts only under the condition where the product is used properly

- It needs the preparation time for contact output when supplying in the power. When applied as signal to the external interlock circuit and etc, please jointly use the delay relay.
- When changing the instrument or if the product broke down, users can replace with the prepared product but even suffix code stays same, operation may differ due to the parameter difference so please check for the compatibility and perform such action.
- Before using a temperature controller, there could be a temperature difference between PV of the temperature controller and the actual temperature so please operate the temperature controller after compensating the temperature difference appropriately.

Suffix code

Model	Code	Information
AX	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Digital temperature controller
Dimension	2	AX2 : 48 X 96 mm
	3	AX3 : 96 X 48 mm
	4	AX4 : 48 X 48 mm
	7	AX7 : 72 X 72 mm
Output selection	1	SSR + Relay1 + Relay2
	2	SSR + Relay1 + Relay2 + Relay3
	3	4 - 20 mA + Relay2
	4	4 - 20 mA + Relay2 + Relay3
Relay or SSR as control output (selectable in operator setup mode)		
Current output as control output		
Power supply voltage	A	100 ~ 240 V a.c 50/60 Hz

* Relay output operates as control output, alarm output and LBA output depending on the internal parameter setting.

Input

Input selection	Multi input • Thermocouple : K, J, R, T (IEC) • RTD : Pt100 0(IEC)
Input sampling time	0.1 s
Input impedance	1 MΩ max
Allowable wiring resistance	10 Ω / 1wire max(RTD), but resistances among 3 wires should be same
Allowable input voltage	10 V d.c max

Performance

Display accuracy	±0.3 % of F.S ±1 digit (In case of R type, ±1.0 % of ±1 digit in the 0 ~ 600 °C range)
Insulation resistance	More than 20 MΩ, 500V d.c for 1min (Primary terminal-Secondary terminal)
Dielectric strength	2300V a.c 50/60Hz, for 1 min (Primary terminal-Secondary terminal)

Range and input code

Classification	Code	Input type	Range	
			Celsius(°C)	Fahrenheit(°F)
Thermocouple	E1	K	-100 ~ 1200 °C	-148 ~ 2192 °F
			-100.0 ~ 500.0 °C	-148 ~ 932 °F
	E2	J	-100.0 ~ 500.0 °C	-148 ~ 932 °F
			0 ~ 1700 °C	32 ~ 3092 °F
RTD	PE	Pt100 0	-100.0 ~ 400.0 °C	-148 ~ 752 °F
			-100.0 ~ 400.0 °C	-148.0 ~ 752.0 °F

Control function and output

- Control type : PID control, P control, ON/OFF control
- Auto-tuning : PID operation by the auto-tuning
- ON/OFF control : When PV () SV, it generates 0 % output. When PV () SV, it generates 100 % output. (Only when control hysteresis is 0)
- Manual reset : Users set within the range from 0 % to 100 %.
- Control output operation : Direct action/Reverse action (selected by the parameter setting)
- Control output : Relay output/voltage pulse output/SSR output • Selected by the parameter setting

Anexo 6 “Ficha técnica del Acero Inoxidable”

FICHA TECNICA ACERO INOXIDABLE

304 / 304L



Aceros Inoxidables	Normas		
	AISI	W. Nr.	DIN
Austeníticos	304	1.4301	X5CrNi18-10
	304L	1.4306	X2CrNi19-11

Aplicaciones

Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado extensivamente para la fabricación de utensilios domésticos, lavavajillas, cuchillería, bienes de consumo, arquitectura e industria automotriz. Además, es utilizado en la construcción de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de leche, cerveza, vino, alimentos, etc. así como en la industria química de producción del nitrógeno. Para la calidad 304L (bajo contenido de carbono) se puede aplicar en la producción de ácido nítrico, industria farmacéutica e ingeniería nuclear.



Composición Química (Valores Promedio, %)

Tipo Acero	C	Cr	Ni
AISI 304	≤0,07	17 - 19,5	8 - 10,5
AISI 304L	≤0,03	18 - 20	10 - 12

Características del Acero

Acero inoxidable austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una buena resistencia a la corrosión. En la condición de suministro resiste a la corrosión intergranular en el rango de hasta 300°C y 350° C para la calidad 304L. No se requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templeable ni magnético.

Puede ser fácilmente trabajado en frío (p.ej. doblado, cilindrado, embutido profundo, etc.). Sin embargo, el alto grado de endurecimiento que alcanza por trabajo en frío, comparado con aceros de baja aleación, hacen requerir de mayores



RESISTENCIAS DE INMERSIÓN INDUSTRIALES



Descripción

Las resistencias tubulares Backer para el calentamiento de líquidos en aplicaciones industriales son una solución probada en términos de rendimiento y seguridad. Gracias a su gran versatilidad de configuración, las resistencias tubulares para el calentamiento de líquidos son una solución frecuente en el tratamiento de líquidos a nivel industrial.

Las resistencias puede fabricarse con distintos sistemas de fijación ya sea mediante tapón roscado, brida o incluyendo una caja de protección para el conexionado. Adicionalmente todas las resistencias pueden equiparse con componentes de medición y control de la temperatura.

Backer dispone de una amplia gama de resistencias de inmersión disponibles en stock y preparadas para su entrega inmediata. Consulte nuestro catálogo para obtener más información.

Especificaciones técnicas

Materiales tubo:	Aisi304, Aisi316L, Incoloy800, Incoloy825
Diámetros tubo:	6.4mm, 8mm, 10mm, 12mm, 16mm, 21mm
Sistemas de fijación:	Sin fijación, brida, tapón roscado, caja IP

Beneficios y campos de aplicación

BENEFICIOS

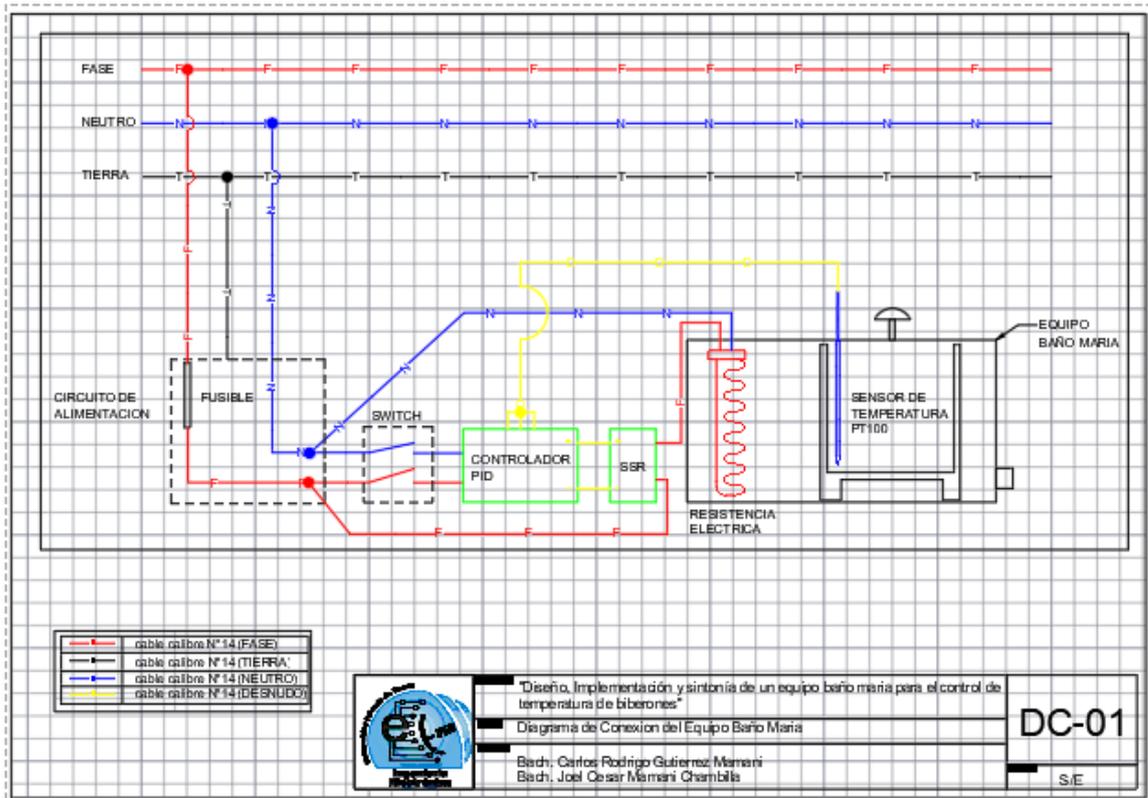
- Versatilidad en su configuración.
- Montaje y sustitución rápida.
- Modelos estandarizados en stock

APLICACIONES

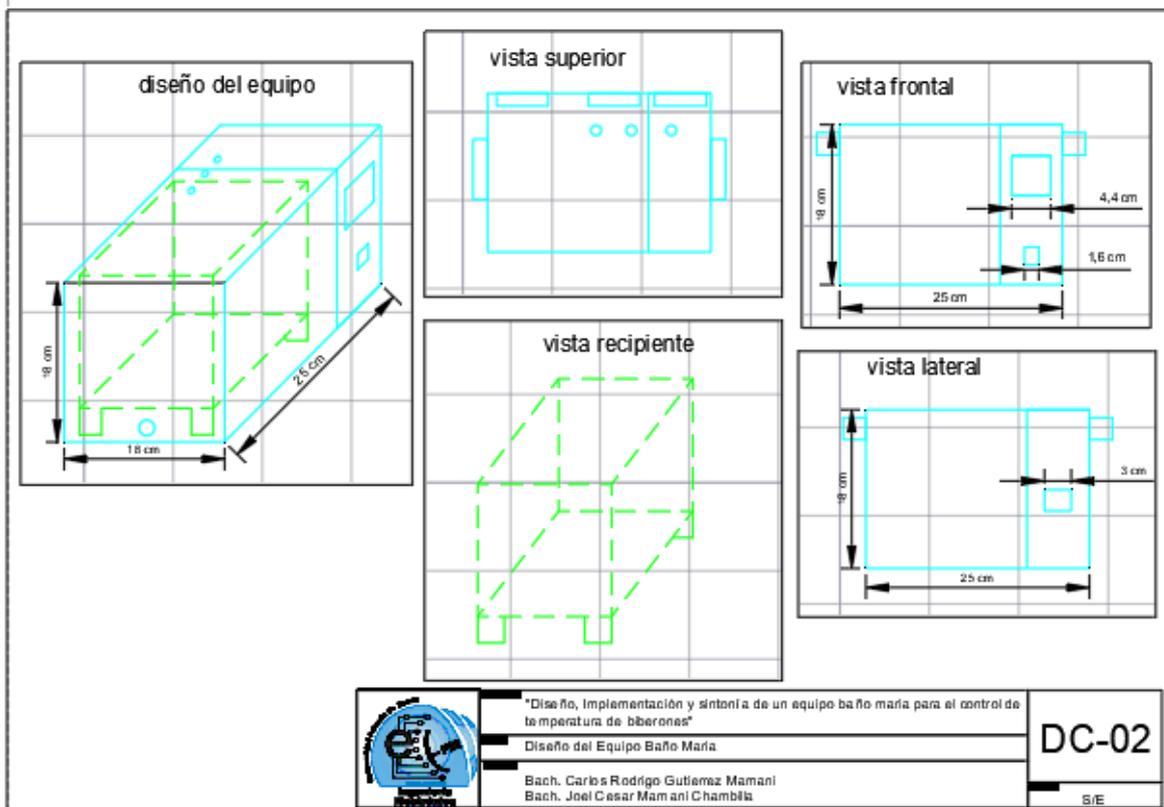
- Tratamiento Industrial de líquidos.
- Almacenamiento de líquidos.
- Calentadores de paso Industriales



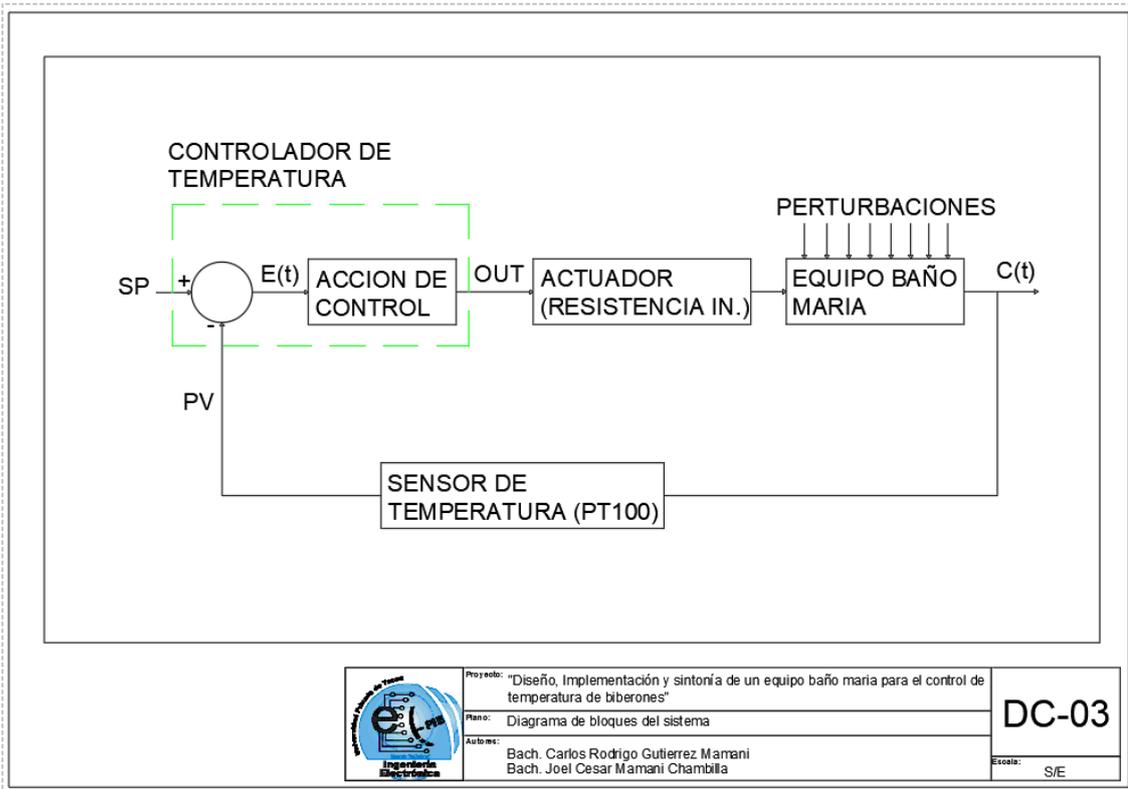
Anexo 8 “Diagrama de conexión del equipo baño maría”



Anexo 9 “Diseño del equipo baño maría”



Anexo 10 "Diagrama de bloques del sistema"



Anexo 11 "Diagrama P&ID del sistema"

