

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA

SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE UNA MÁQUINA
TOSTADORA DE CAFÉ

AUTOR

LUIS DARIO BUESAQUILLO IMBAQUINGO

DIRECTOR

MSc. MILTON ALEJANDRO GAVILÁNEZ VILLALOBOS

Ibarra, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401692926		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Buesaquillo Imbaquingo Luis Dario		
DIRECCIÓN:	El Olivo - Ibarra		
EMAIL:	ldbuesaquilloi@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	0949654991	TELÉFONO MÓVIL:	0959654991

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE UNA MÁQUINA TOSTADORA DE CAFÉ
AUTOR (ES):	Buesaquillo Imbaquingo Luis Dario
FECHA: DD/MM/AAAA	11/07/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de Julio de 2019

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Luis Darío Buesaquillo Imbaquingo

Cedula:040169292-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado “SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE UNA MÁQUINA TOSTADORA DE CAFÉ”, presentado por el egresado Luis Dario Buesaquillo Imbaquingo, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, julio de 2019

Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres y hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años que siempre buscaron hacerme una persona de bien, responsable, educada, útil para la sociedad, a mis amigos que me apoyaron y alentaron, y a los profesores que brindaron sus conocimientos para poder alcanzar una meta más en mi vida.

Dario Buesaquillo

AGRADECIMIENTO

A mis padres a quienes debo todos mis logros, incluido este, gracias por haberme forjado y guiado como una persona de bien. A mi hermano Anderson por su constante apoyo para verme triunfar, así mismo a mi hermano Willinthon por ayudarme en muchos problemas durante este proyecto.

A mis tutores y Directo por haberme guiado y apoyado con sus conocimientos en todo el proyecto.

Dario Buesaquillo

RESUMEN

El proyecto de tesis presenta un sistema de control para mejorar el desempeño de una máquina tostadora de café. La implementación de este módulo en las máquinas tostadoras de café ayudará al proceso de tostado ya que se automatiza el calentamiento del sistema.

El trabajo de investigación inicia con la selección del sensor para regular la temperatura en rangos de 20 a 255°C a un tiempo de 1 a 30 minutos tanto en calentamiento como en el tostado de café.

Después se realiza la programación de todos los procesos en secuencia, como son compuertas de carga y descarga, control de temperatura, salida analógica de 0 a 10 V para control de gas o resistencias eléctricas, sistema de enfriamiento.

Se realizan pruebas en una máquina real para comprobar el funcionamiento del módulo, verificando su desempeño para diferentes curvas.

ABSTRACT

The thesis project presents a control system to improve the performance of a coffee roaster machine. The implementation of this module in the coffee roasting machines will help the process because of the automated system.

The research work begins with the selection of the sensor for the normal temperature in ranges of 20 to 255 ° C a process time from 1 to 30 minutes both in roasting and heating of coffee.

Then the programming of all the processes is carried out in sequence, such as loading and unloading gates, temperature control, analog output from 0 to 10 V for gas control or electric resistance, cooling system.

The systems was implemented on a real machine and its operation was verified with excellent performance.

ÍNDICE GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2. CONSTANCIAS	iii
CERTIFICACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Descripción del Problema	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Antecedentes	2
Justificación	3
Alcance	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Sistema de control.....	5
1.1.1. Estructura del PID.....	5
1.2. Señal de referencia y error.....	6
1.3. Dispositivos de Control	8

Existen dispositivos de control de gama baja que nos permiten realizar las mismas funciones de un PLC de alta precisión, entre estos tenemos:.....	8
1.3.1. Zelio Logic.....	8
1.3.2. Módulo Lógico Programable Logo	9
1.3.3. Módulo Fermuino CP04	10
1.3.4. Usos.....	12
1.3.4.1. Control de Sistema Industrial.....	12
1.3.4.2. Domótica e Inmótica	12
1.3.5. Nextion NX8048T070 - Pantalla táctil LCD HMI TFT genérica de 7.0 ".....	12
1.4. Termocupla Tipo K.....	13
1.5. Trasmisor (KH213).....	14
1.6. SSR (MS-VD2240B).....	15
1.7. Modulo convertidor de señal corriente a voltaje	16
1.8. Interfaz HMI	16
1.8.1. Editor Nextion	17
1.8.2. Funcionamiento	18
2. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL MODULO.....	21
2.1. Pasos para selección del modulo	21
2.1.1. Introducción a la torrefacción del proceso de tostado de café.	21
2.1.2. Fases de tostado.....	21
2.1.3. Variables importantes	23
2.1.3.1. Temperatura de Tostado.....	23

2.1.3.2.	Tiempo de Tostado.....	24
2.1.3.3.	Comportamiento de las variables en el proceso de tostado	25
2.1.4.	Máquina tostadora de café	27
2.1.5.	Estudio del módulo a ser utilizado para implementación en las máquinas tostadoras de café.	28
2.1.6.	Requisitos Funcionales	29
2.1.6.1.	Descripción del sistema.....	29
2.1.7.	Descomposición funcional	30
2.1.8.	Selección de alternativas.....	31
2.1.8.1.	Dispositivos eléctricos	31
2.1.8.2.	Selección de interfaz HMI	33
2.1.8.3.	Selección de convertor de corriente	40
2.1.8.4.	Selección de SSR.....	40
2.1.8.5.	Selección de transmisor de temperatura.....	41
2.1.8.6.	Selección de sensor de temperatura.....	41
2.1.9.	Cálculos	46
3.	RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO.....	49
3.1.	Pruebas de funcionamiento del sistema de control	49
3.2.	Resultados del sistema de control	50
3.2.1.	Resultado de curva T1	51
3.2.2.	Resultado de curva T2	52

3.2.3.	Resultado de curva T3	52
3.2.4.	Resultado de curva T4	53
3.3.	Efecto de tratamiento de tostado	54
3.4.	Sistema de Alarma.....	55
4.	Conclusiones y Recomendaciones	57
	Conclusiones	57
	Recomendaciones	58
5.	ANEXOS	59
	Anexo 1. Tablas de código ASCII.....	59
	Anexo 2. Manual de CP04	60
	Anexo 3. Circuito eléctrico	63
	Anexo 4. Manual de usuario	64
	Anexo 5. Convertidor analógico digital	75
	Anexo 6. Montaje del módulo en la máquina.....	75
	Anexo 7. Norma ISA 101	78
	Anexo 8. Encuesta	78
	Anexo 9. Análisis Financiero.....	81
	Anexo 10. KH213 Transmisor de temperatura.....	82
	Anexo 11. SSR MaxWell.....	85
6.	BIBLIOGRAFÍA	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama en bloques: (Picuino, 2013)	6
Figura 2: Señales de error: (PROMETEC, s.f.).....	7
Figura 3: Simulación de un sistema a lazo cerrado con controlador PID	8
Figura 4: Modulo Zelio Logic.....	9
Figura 5: Modulo Siemens	10
Figura 6: Estructura del módulo CPC04: (ACSIMB, 2018).....	11
Figure 7: Conexión pantalla nextion: (Nextion, 2018).....	13
Figura 8: Sensor de temperatura (RTD): (Termocuplas, 2003)	14
Figura 9: Transmisor KH213: (TRADER, 2017)	15
Figura 10: SCR 40A de 0-10V: (DISAI Automatic Systems, s.f.)	15
Figura 11: Modulo conversor análogo corriente a voltaje:	16
Figura 12: Editor Nextion: (makerspace, s.f.).....	17
Figura 13: Funcionamiento del Editor Nextion: (makerspace, s.f.)	19
Figura 14: Tipos de tostados de café (Régula Chávez-Malgiaritta, Grupo Innovadores Cafeteros del Sur, 2016)	23
Figura 15: Comportamiento de temperatura y tiempo: (Régula Chávez-Malgiaritta, Grupo Innovadores Cafeteros del Sur, 2016)	25
Figura 16: Máquina tostadora de café (BuscoCafé, Montar planta de Torrefacción de café)	27
Figura 17: Estructura del sistema de control.....	29
Figura 18: Descomposición funcional del sistema.....	30
Figura 19: Presentación de HMI	35
Figura 20: selección de proceso automático o manual.....	35

Figura 21: Mensaje de selección de sistema.	36
Figura 22: Pantalla de configuración de parámetros de calentamiento.	36
Figura 23: Pantalla de representación de curva.....	37
Figura 24: Selección de procesos del sistema manual	37
Figura 25: Selección de compuertas.....	38
Figura 26: Compuerta carga.....	38
Figura 27: Compuerta descarga	38
Figura 28: Pantalla de configuración de curva de tostado	39
Figura 29: Pantalla Curva II.....	39
Figura 30: Pantalla Curva I.....	39
Figura 31: Pantalla Curva III.....	39
Figura 32: Pantalla Curva IV	39
Figura 33: Pantalla de control de enfriamiento	40
Figura 34: Procesos que realizara el modulo	41
Figura 35: Diagrama de flujo del proceso automático	42
Figura 36: Diagrama de flujo del proceso de calentamiento.....	43
Figura 37: Diagrama de flujo de selección de proceso	44
Figura 38: Diagrama de flujo del proceso de activación de relé para compuertas.....	45
Figura 39: Diagrama de flujo del proceso de enfriamiento.....	46
Figura 40: Diagrama de pseudocódigo de sintonización	48
Figura 41: Modulo de control	49
Figura 42: Resultado curva T1	51
Figura 43: Resultado de curva T2	52
Figura 44: Resultado de curva T3	53

Figura 45: Resultado de curva T4	53
Figura 46: Tratamiento del tostado	54
Figura 47: Distribución de terminal del PLC Arduino.....	60
Figura 48: Descripción de puertos	61
Figura 49: Descripción de puertos 2	62
Figura 50: Circuito Eléctrico.....	63
Figura 51: Pantalla de Inicio	64
Figura 52: Selección de proceso.....	65
Figura 53: Configuración de calentamiento.....	66
Figura 54: Botones de Incremento y Decremento.....	67
Figura 55: Botón ATRÁS	67
Figura 56: Curva de Calentamiento	67
Figura 57: Selección y Configuración de Curva de Tostado	68
Figura 58: Botón salir.....	68
Figura 59: Configurar Curva I.....	69
Figura 60: Botón Iniciar Tostado	70
Figura 61: Curva I de Tostado.....	70
Figura 62: Procesos de Control de la Máquina	71
Figura 63: Seleccionar compuerta.....	71
Figura 64: Compuerta de Carga de Café.....	72
Figura 65: Compuerta de descarga de café	72
Figura 66: Proceso de Enfriamiento.....	74
Figura 67: Conexión de transmisor y conversor	75
Figura 68: Montaje del módulo en la máquina tostadora de café	75

Figura 69: Pruebas de comunicación de la pantalla con el PLC	76
Figura 70: Sintonización de la PID	76
Figura 71: Curva de calentamiento	77
Figura 72: Curva de tostado de café a 220°C.....	77
Figura 73: Norma ISA 101: (ICE, 2011)	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyectos de tesis	3
Tabla 2. Efectos en la torrefacción: (Mora, 2017).....	26
Tabla 3. Sistemas de máquinas tostadoras de café	28
Tabla 4. Criterios de ponderación para la selección de alternativas.....	31
Tabla 5. Criterios de ponderación para la selección de alternativas.....	32
Tabla 6. Criterio de ponderación para selección de interfaz HMI.....	33
Tabla 7. Parámetros del control PID.....	47
Tabla 8. Registro de datos	50
Tabla 9. Resultados del proceso de tostado.....	50
Tabla 10. Resultados curva 1.....	51
Tabla 11. Resultados curva 2.....	52
Tabla 12. Resultados curva 3.....	53
Tabla 13. Resultados curva 4.....	54
Tabla 14. Tablas código ASCII.....	59
Tabla 15. Conversión de datos analógico digital.....	75

INTRODUCCIÓN

Descripción del Problema

Las máquinas tostadoras de café manuales tienen un bajo nivel de eficiencia en cuanto a la calidad y homogeneidad del producto. Esto se debe a que en estas máquinas realizan deficientemente varios procesos manuales que son esenciales para un mejor tostado del café. Entre los principales se tiene apertura compuerta de carga, encendido y apagado de llama, verificación de temperatura de tostado, inspección de grano deseado, apertura de compuerta de descarga, encendido y apagado de enfriamiento.

El proceso de compuerta manual de carga tiene a ocupar un tiempo estimado de 1 a 2 minutos más que un proceso automático al igual que el proceso de apertura y cierre de descarga.

Encendido y apagado manual de llamas tiende como defectos el peligro físico del operario al encender la llama del tambor de tuesta, la pérdida de gas en cada encendido, el tiempo de encendido, y el control de fluido de gas para lograr elevar la temperatura al punto deseado.

La verificación de temperatura de tuesta se lo realiza con valores aproximados. La inspección del grano deseado se realiza observando el color del café debido a que sólo se puede obtener información de la temperatura de trabajo por medio de un sensor.

El proceso de encendido y apagado de enfriamiento por lo general tarda demasiado debido a que algunas máquinas hacen funcionar este proceso aprovechando el mismo motor de torrefacción, generando la misma velocidad del tabor de tuesta. En máquinas de mayor capacidad se tiene un motor únicamente para este proceso, pero sin control de velocidad y tiempo.

Por lo tanto, para estos procesos es necesario implementar un sistema de control que los automatice para así generar mejor calidad en el resultado final.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de control para optimizar el funcionamiento de máquinas tostadoras de café artesanal.

Objetivos Específicos

1. Determinar las señales y acciones de sensado de control de los diferentes procesos que tienen las máquinas tostadoras de café.
2. Definir un equipo de control que se ajuste a las señales y acciones determinadas.
3. Implementar algoritmos de control para automatizar los procesos de la máquina.
4. Validar el funcionamiento del sistema de control en una máquina tostadora de café real.

Antecedentes

En la Universidad Técnica del Norte no existen temas relacionados. A nivel nacional existen varios proyectos relacionado, principalmente en la zona cafetera de Colombia como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. *Proyectos de tesis*

TEMA	AUTOR	AÑO	CARRERA
Diseño e implementación de un controlador automático para tostación del café en pequeña y media producción.	MORALES.W	2017	Ingeniería en Automatización.
Control de caudal y temperatura de aire en el sacado mecánico del café.	GONZALES SALAZAR	2010	Ingeniería en Automatización.

Justificación

La implementación de este módulo en las máquinas tostadoras de café ayuda a optimizar el proceso de tostado ya que se optimiza los procesos más importantes y delicados de las máquinas tostadoras de café.

Los beneficiarios directos de esta investigación son los propietarios de máquinas tostadoras de café o cafeterías de cafés finos, Mediante la implementación de este sistema de control se ayuda a la torrefacción de café para así conservar los factores importantes del café como son: sabor, fragancia, aroma, dulzor, acidez, cuerpo.

Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un módulo de control que permite tratar los diferentes tipos señales que emiten los procesos que realiza una máquina tostadora de café (compuerta manual de carga, encendido y apagado manual de llama, verificación de temperatura de tueste, inspección de grano deseado, apertura y cierre manual de descarga, encendido y apagado manual de enfriamiento). Para lo cual este módulo tiene su respectiva programación individual y general de cada proceso.

Este proceso consta de un ciclo de programación de todos los procesos en secuencia dando al botón de encendido en inicio del proceso, comenzando por la verificación de compuertas de entrada y salida del café, luego ya del ingreso del café a tostar procede al proceso de control de flujo de gas y el encendido automático de la llama, pasando a controlar la temperatura o línea de tueste y a la inspección manual de grano; por último, el proceso de control de enfriamiento.

Se comprobó el funcionamiento del módulo, en la máquina de la facultad FICAYA, observando las mejorías en la parte del funcionamiento de la máquina y en el control de la línea de tostado del café.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistema de control

Los controles PID fueron implementados en el campo industrial con el fin de ayudar al desarrollo industrial, utilizando un esquema de ajuste puramente empírico. En la actualidad, y pese al sorprendente desarrollo de la teoría de control y del soporte tecnológico necesario para su implementación, el controlador PID se emplea casi en el ambiente industrial de todo el mundo, en particular para controlar procesos térmicos y químicos.

Los controladores PID en el ámbito industrial han llegado a ser visto por el usuario como una herramienta irremplazable por controladores que presenten estructuras diferentes por más simples y robustas que estas sean, y por otro lado se aceptan controladores adaptables sofisticados si estos vienen bajo una empaquetadura PID.

1.1.1. Estructura del PID

Un controlador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID.

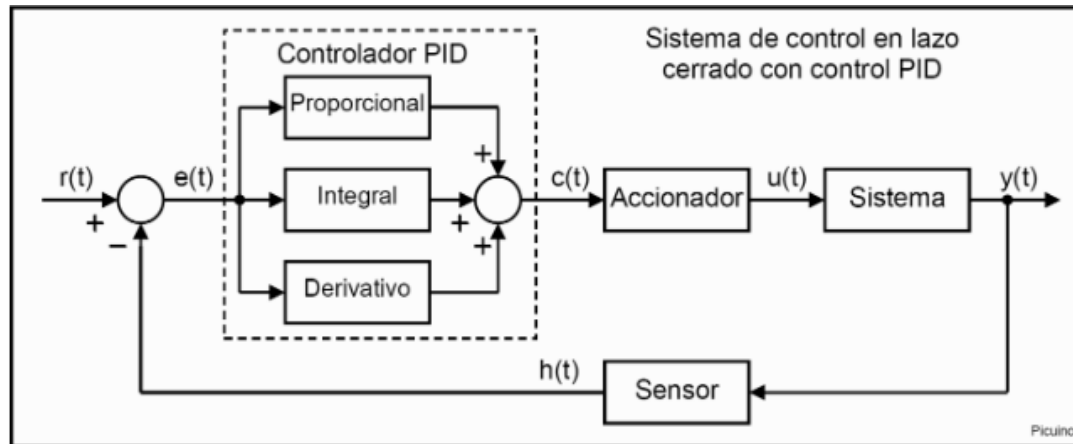


Figura 1: Diagrama en bloques: (Picuino, 2013)

1.2. Señal de referencia y error

La señal $r(t)$ se denomina referencia e indica el estado que se desea obtener en la salida del sistema $y(t)$. En un sistema de control de temperatura, la referencia $y(t)$ será la temperatura deseada y la salida $y(t)$ la temperatura real del sistema controlado.

Como observa 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 obtener en la 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. (Picuino, 2013)

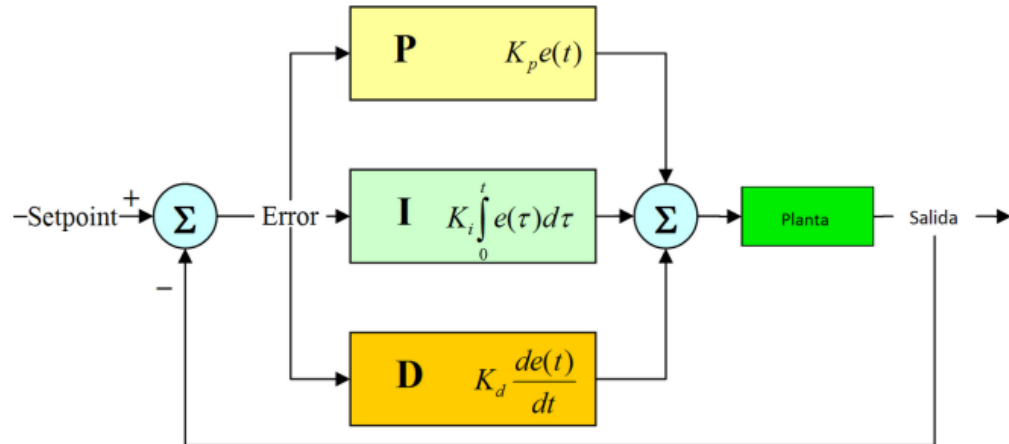


Figura 2: Señales de error: (PROMETEC, s.f.)

P: acción de control proporcional, es el producto entre la señal de error y la constante proporcional, quedando un error en estado estacionario casi nulo.

I: acción de control integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional.

D: acción de control derivativo se considera la tendencia del error y permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

Los efectos de las acciones proporcional, integrador y derivativa se ilustran en las Figs. respectivamente, en las que se muestran para un proceso de tercer orden, las respuestas temporales de $y(t)$ para una variación en escalón unitario de la variable de referencia o punto de ajuste (en inglés: set-point).

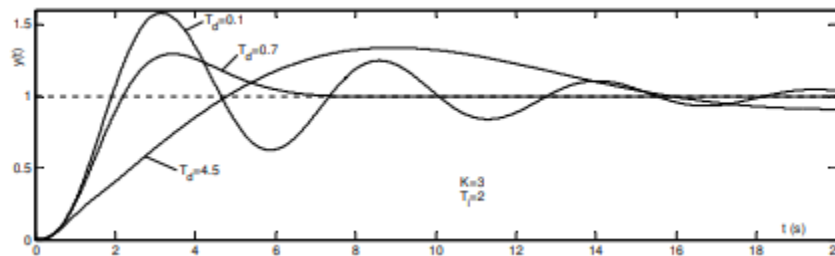


Figura 3: Simulación de un sistema a lazo cerrado con controlador PID

1.3. Dispositivos de Control

Existen dispositivos de control de gama baja que nos permiten realizar las mismas funciones de un PLC de alta precisión, entre estos tenemos:

1.3.1. Zelio Logic

Los relevadores inteligentes Zelio Logic permiten automatizar procesos/máquinas, reemplazando el uso de temporizadores, contadores, relevadores, horómetros, selectores de levas, funciones analógicas en una sola unidad con capacidad de comunicación opcional Modbus/Ethernet, envío/ recibo de mensajes SMS de control y monitoreo vía celular. Las Fuentes ofrecen rangos de entradas desde 100 hasta 500vca y salidas de 5,12, 24, 48 vcd de 0.3 a 40A. (Logic, 2017)



Figura 4: Modulo Zelio Logic

1.3.2. Módulo Lógico Programable Logo

Es un controlador compacto que se compone de un módulo básico y módulos de expansión que el usuario selecciona con base en los requerimientos de cada aplicación. Este concepto modular lo convierte en una solución flexible, económica y fácil de usar para tareas de mando simple. ¡El diseño robusto y compacto de LOGO! lo convierte en un equipo de aplicación universal tanto para la industria como para edificios funcionales y residenciales. ¡El LOGO! presenta una completa gama de módulos lógicos básicos, que permiten implementar una gran cantidad de soluciones de automatización básicas. (Ecuador, 2019)



Figura 5: Modulo Siemens

1.3.3. Módulo Fermuino CP04

Es un dispositivo de alta versatilidad, con capacidad de ser implementado dentro de sistemas y procesos industriales, así como en el ámbito de la Domótica e Innótica, proyectos de automatización y aplicaciones tecnológicas varias.

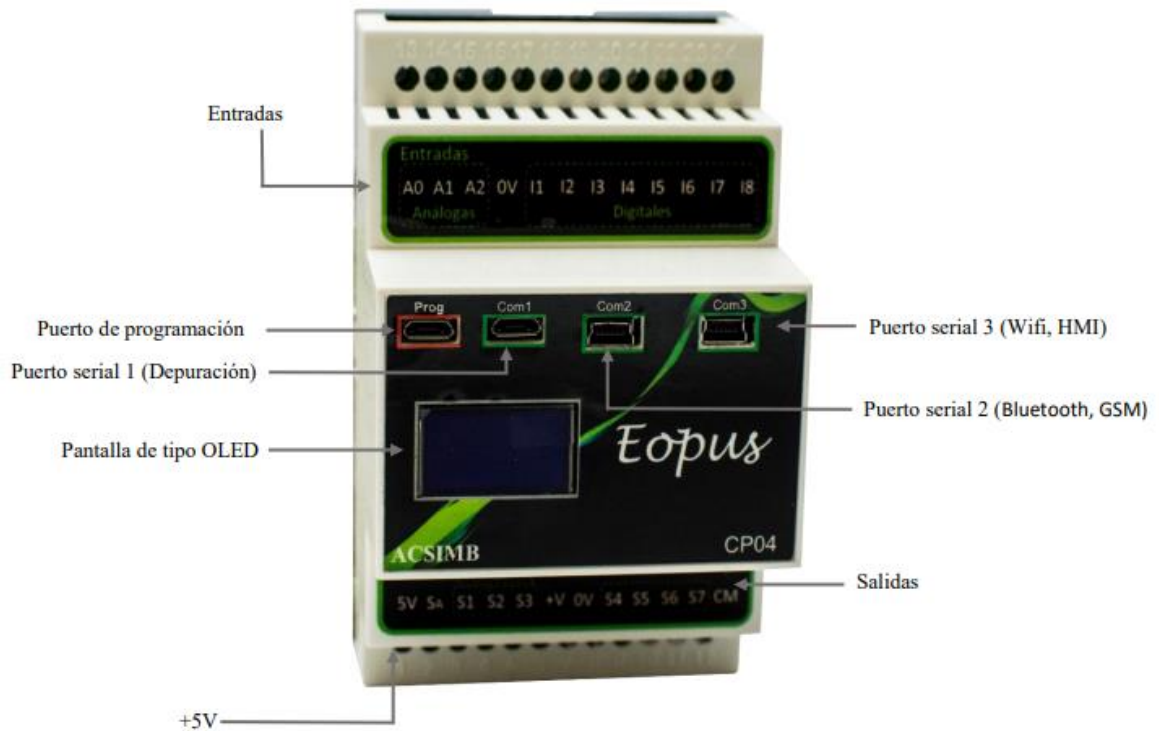


Figura 6: Estructura del módulo CPC04: (ACSIMB, 2018)

Este controlador se basa en un software abierto y amigable para el usuario: Arduino y su entorno de desarrollo integrado (IDE), permitiendo que su configuración, programación e instalación se realicen con mayor facilidad.

Entre sus características predominan tres puertos seriales de comunicación para datos digitales; esto provee conexión con HMI y los módulos electrónicos propios de la marca Eopus (bluetooth, wifi, GSM) o actuar como un puerto de depuración serial; al admitir esta clase de elementos, se logra desarrollar aplicaciones móviles app (Tablet, smartphone) que permiten inspeccionar los procesos mediante dispositivos a una distancia deseada, proporcionando de esta manera control y supervisión a los sistemas en tiempo real. (ACSIMB, 2018)

1.3.4. Usos

1.3.4.1. Control de Sistema Industrial

Control de Proceso como son: Presión, Nivel, Temperatura, Dosificadores, Comunicaciones Seguridad Telegestión y Accesibilidad, y otros. (24VDC).

1.3.4.2. Domótica e Inmótica

Ahorro energético, Confort, Comunicaciones Seguridad Telegestión y Accesibilidad. (12VDC)

1.3.5. Nextion NX8048T070 - Pantalla táctil LCD HMI TFT genérica de 7.0 "

Nextion es una solución perfecta de interfaz de máquina humana (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre una persona y un proceso, una máquina, una aplicación o un dispositivo. Nextion se aplica principalmente a Internet of thing (IoT) o al campo de la electrónica de consumo. Es la mejor solución para reemplazar el tradicional tubo de Nixie con LCD y LED.

Nextion incluye una parte de hardware (una serie de tableros TFT) y una parte de software (el editor de Nextion). La tarjeta TFT de Nextion utiliza solo un puerto serie para comunicarse. Permite a los usuarios evitar la molestia de cableado. (Nextion, 2018)

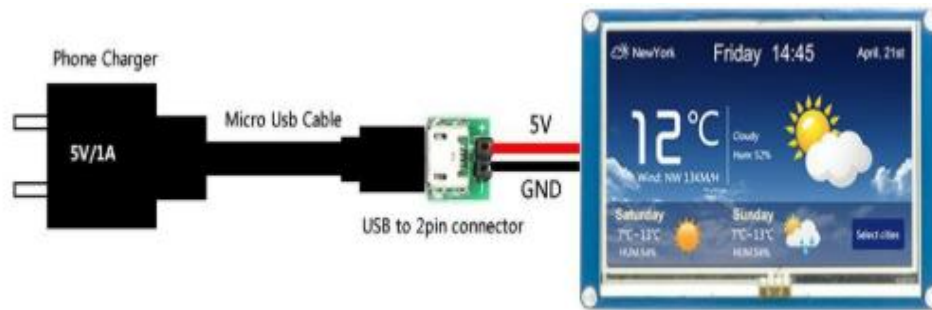


Figure 7: Conexión pantalla nextion: (Nextion, 2018)

1.3.5.1. Características

- Compatible con Raspberry Pi A +, B +, Pi 2, Pi 3, Arduino
- Resolución 800 x 480
- RGB 65K colores reales
- Pantalla TFT con panel táctil resistivo integrado de 4 cables
- Interfaz serial TTL de 4 pines
- Memoria flash 16M para código de aplicación de usuario y datos
- Ranura para tarjeta micro-SD a bordo para actualización de firmware
- Área visual: 154.08mm (L) × 85.92mm (W)
- Brillo ajustable: 0 ~ 230 liendres, el intervalo de ajuste es del 1%
- Fuente de alimentación recomendada: 5V, 2A, DC Sensores

1.4. Termocupla Tipo K

Estos sensores están diseñados específicamente para aplicaciones de detección de temperatura de servicio pesado, como hornos, máquinas y entornos industriales donde su construcción robusta garantiza una vida útil prolongada del sensor.

Estos RTD se fabrican con un detector termocupla según EN60751 y están disponibles de acuerdo con IEC 751 Clase A, B y 1 / 10B. Se puede suministrar un transmisor de cabeza de dos cables opcional. La mayoría de sensores son fabricados para su uso en áreas peligrosas y están certificados ATEX e IECEx para Gas y Polvo.

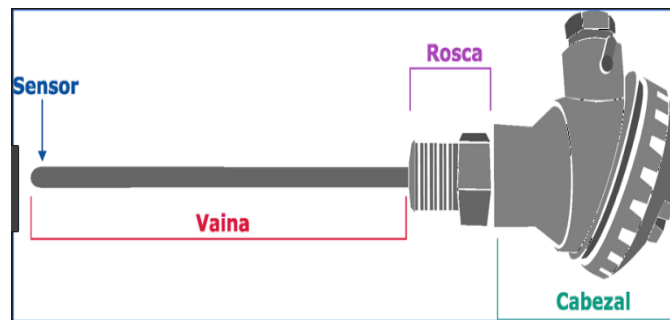


Figura 8: Sensor de temperatura (RTD): (Termocuplas, 2003)

1.5. Transmisor (KH213)

El transmisor de temperatura son equipos que permiten linealizar y acondicionar una señal. Estos se usan para termómetros de resistencia (RTD), termopar (TC), transmisor de resistencia, entrada de señal de voltaje (mV), salida analógica de dos cables 4-20 mA, montado dentro del transmisor (forma B).



Figura 9: Transmisor KH213: (TRADER, 2017)

Las funciones que cumple un transmisor de temperatura son aislar, amplificar, filtrar sonido, linealizar y convertir la señal de entrada a una señal estandarizada de control. Como ya antes mencionado la salida más común es la de corriente 4 - 20 mA, por ejemplo 4 mA representa 0 °C y 20 mA 100 °C. (TRADER, 2017) (Anexo 15)

1.6. SSR (MS-VD2240B)



Figura 10: SCR 40A de 0-10V: (DISAI Automatic Systems, s.f.)

Los Relés de Estado Sólido, son interruptores electrónicos que conmuta el paso de la corriente al aplicar tensión en su entrada de control de forma electrónica sin contacto mecánico, esto les permite una cantidad elevada de conmutaciones y soportar carga: 10/25/40/60/80/100/120 Amperios . (DISAI Automatic Systems, s.f).

(Anexo 16)

1.7. Modulo convertidor de señal corriente a voltaje

Con este pequeño circuito es posible recibir una señal variable de 4-20ma y convertirla a una señal de tensión de 0 a 15V ajustable. De esta forma, es posible conectarlo directamente a la entrada analógica de su microcontrolador, arduino o PLC.

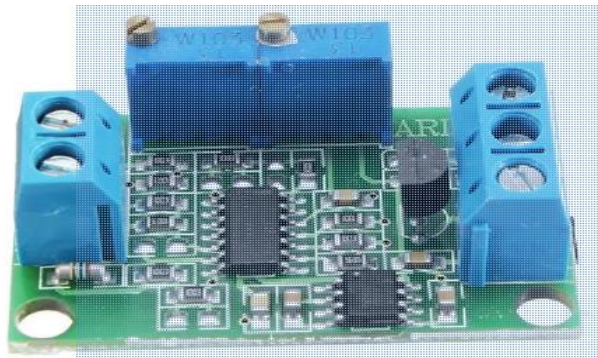


Figura 11: Modulo conversor análogo corriente a voltaje:

1.8. Interfaz HMI

NEXTION es una solución de interfaz de máquina humana HMI que combina una pantalla táctil TFT con un procesador y memoria integrados, desarrollado por un software gratuito y descargable Editor NEXTION. Con el software NEXTION Editor, se desarrolla rápidamente la GUI de HMI mediante componentes de arrastrar y soltar

(gráficos, texto, botones, controles deslizantes, etc.) e instrucciones basadas en texto ASCII para codificar cómo interactúan los componentes en el lado de la pantalla. Con solo 2 cables (RX, TX), la pantalla NEXTION se conecta rápidamente a MCU a través de 5V TTL Serial para proporcionar notificaciones de eventos en las que MCU actúa, y utiliza simples instrucciones basadas en texto ASCII para que la MCU pueda proporcionar fácilmente actualizaciones de progreso y estado a su Usuario HMI. (Nextion, 2018)

1.8.1. Editor Nextion

Nextion cuenta con un editor, en el cual realiza interfaces para el usuario con botones, texto, barras de progreso, control deslizante, panel de instrumentos, etc. Todo lo necesario para una correcta visualización y control del sistema de estampado.

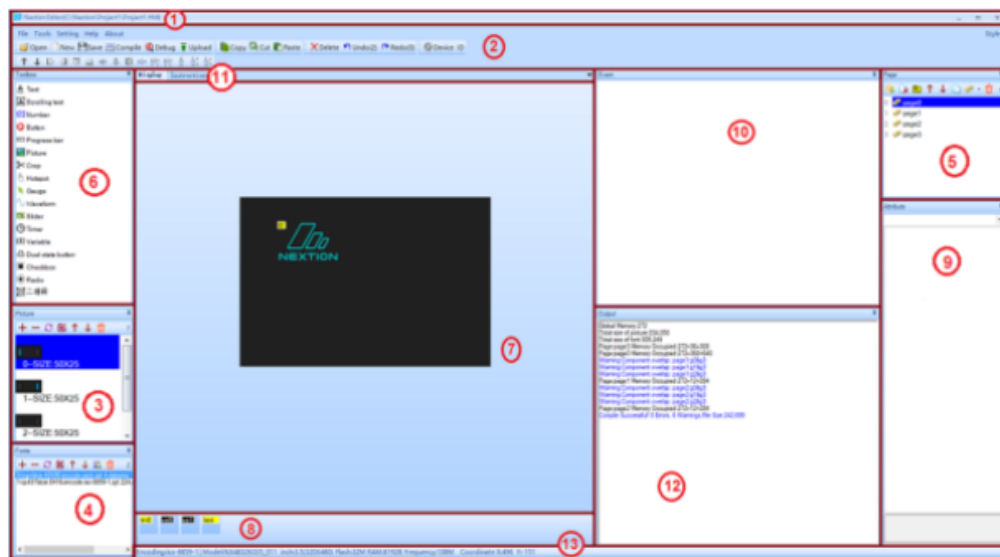


Figura 12: Editor Nextion: (makerspace, s.f.)

En la figura 15 se tiene la interfaz del programa Nextion en la cual cada sección numerada es:

1. Menú principal
2. Componentes
3. Biblioteca de imágenes: aquí se ingresa las imágenes que se emplearan en el diseño de la interfaz.
4. Área de visualización
5. Área de la página: Editar las páginas que contiene la interfaz.
6. Área de edición de atributos: Edite los atributos de componentes y páginas, como el valor, el color de un componente de texto.
7. Ventana de salida del compilador: si ocurren errores, se mostrarán en esta área.
8. Área del Evento: aquí se escribe el código simple.

1.8.2. Funcionamiento

El funcionamiento de las pantallas Nextion se basan en la comunicación mediante un protocolo que se transmite por el puerto serie.

Cada componente está identificado por un ID que contiene una serie de atributos que se modifican si se programa adecuadamente.

Estas instrucciones se escriben por el puerto serie con unas instrucciones específicas desde los que se ejecuta acciones, hasta obtener valores de variables dentro de la comunicación.

Para trabajar con placas arduino el intercambio de estos datos terminan con tres saltos de línea, que se aprecia en cada una de los códigos que terminan cada instrucción con ff ff ff. (makerspace, s.f.)

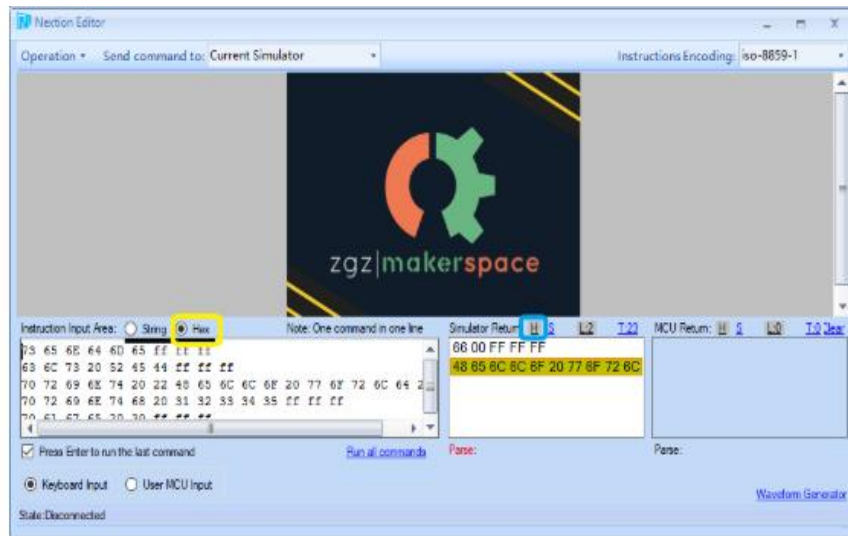


Figura 13: Funcionamiento del Editor Nextion: (makerspace, s.f.)

2. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL MODULO

En este capítulo se describe de forma específica las variables importantes para realizar el sistema de control correcto para la selección del módulo, es decir una selección detallada de cada elemento a utilizar.

2.1. Pasos para selección del modulo

- Introducción a la torrefacción de tostado de café.
- Estudio de variables importantes del proceso de tostado de café
- Estudio de módulos de máquinas tostadoras de café.
- Requisitos funcionales.
- Selección de alternativas
- Cálculos.
- Pruebas de funcionamiento.

2.1.1. Introducción a la torrefacción del proceso de tostado de café.

La torrefacción de los granos de café verde se realiza esencialmente en tres etapas. A medida que la temperatura de los granos de café es aumentada por acción del calor, estos primero se secan, luego se tuestan y posteriormente se apagan o enfrían. En función de la temperatura del grano (no de salida de quemadores), el aspecto y las propiedades sensoriales y organolépticas cambian.

2.1.2. Fases de tostado

De 120 a 170°C, esta etapa toma aproximadamente el 70% del tiempo total de la torrefacción y en ella se seca la humedad del grano, que suele ser, en el momento de

introducir el café en el tambor, alrededor del 12%. A los 140°C el café verde vira a un color amarillo y en el proceso de los 140° a los 160°C, adquiere un color castaño, y se evapora el agua. De 160-170°C-, el volumen del grano empieza a incrementarse.

De 170 a 200°C, se inicia la segunda etapa de tueste, el de la pirolisis (fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno) en el grano de café. Esta consiste en una reacción exotérmica espontánea que ocurre internamente en el grano a altas temperaturas en un periodo de tiempo aproximado inferior a un minuto y se caracteriza por la crepitación de los granos de café. Cuando el café está alrededor de los 170° adquiere un color canela. Es en este momento que se produce la primera crepitación o crujido, que es más o menos intensa en función del tipo y frescor del café. Esta etapa no conlleva más de un minuto y es a partir de ese momento que se inicia la descomposición de los azúcares, las proteínas y las grasas y se produce CO y CO₂. El color empieza a ser ya pardo oscuro. A partir de los 190°, el café vuelve a crepitar y acaba de desarrollar su sabor y aromas y gases, intensificándose, también, su color. Los azúcares se caramelizan, hay reacción de polimerización y condensación. Cuando el grano alcanza los 200°C en su interior, el desarrollo de sustancias aromáticas y color café se intensifica.

200 a 210°C, la temperatura final, en función del tipo de máquina y color deseado, puede variar. Generalmente para el tueste de café en nuestro país, esta se ha situado en torno a los 206° en el interior del grano. Una vez se ha terminado el tueste, el café debe enfriarse de inmediato para evitar que las reacciones exotérmicas continúen y el grano siga asándose. Ya atemperado, el grano es sometido a tareas de limpieza para eliminar impurezas, tal cual antes de tostarlo, cuando todavía está verde. Finalizado

el tueste, la transformación del grano ha sido importante, los azúcares han sido caramelizados, se han creado más de setecientos nuevos compuestos responsables del gusto y la degradación de los aminoácidos ha dado lugar a diferentes cantidades, responsables del aroma del café, entre otras reacciones.



Figura 14: Tipos de tostados de café (Régula Chávez-Malgiaritta, Grupo Innovadores Cafeteros del Sur, 2016)

2.1.3. Variables importantes

Las variables básicas en el proceso de tueste del café son la temperatura y el tiempo en que ésta actúa. La temperatura no es constante, sino que varía a lo largo del tratamiento de tostado y los tiempos son inversamente proporcionales a la temperatura.

2.1.3.1. Temperatura de Tostado

La temperatura de tostado depende del tipo de máquina, del tiempo de tueste y de la intensidad del color final requerido.

- En una primera fase se seca la humedad del café y es la fase que influye menos en el gusto final.
- En una segunda fase se origina la expansión de las celdillas del grano de café y empieza la creación de los gases.

- La tercera fase debe ser más lenta pues es la que confiere básicamente el gusto final al producto.

2.1.3.2. Tiempo de Tostado

- El tiempo de tostado oscila según sistemas entre 12-25 minutos, dependiendo del tipo de tostadora.
- No es aconsejable un tostado con muy poco tiempo debido a la velocidad de tueste y la dificultad para controlar el tostado. Tampoco es conveniente demasiado tiempo de tueste, debido a que los compuestos volátiles se perderían.
- Este tiempo depende de varios factores: la costumbre del mercado consumidor (estilo de tueste), el tipo de máquina a emplear para preparar el café, la densidad del grano y la pos cosecha.
- El grano resultante tiene mayor volumen, más contenido graso, más ácidos, más extractos y humedad e incrementa su capacidad de extracción si se destina a producir café soluble.

2.1.3.3. Comportamiento de las variables en el proceso de tostado

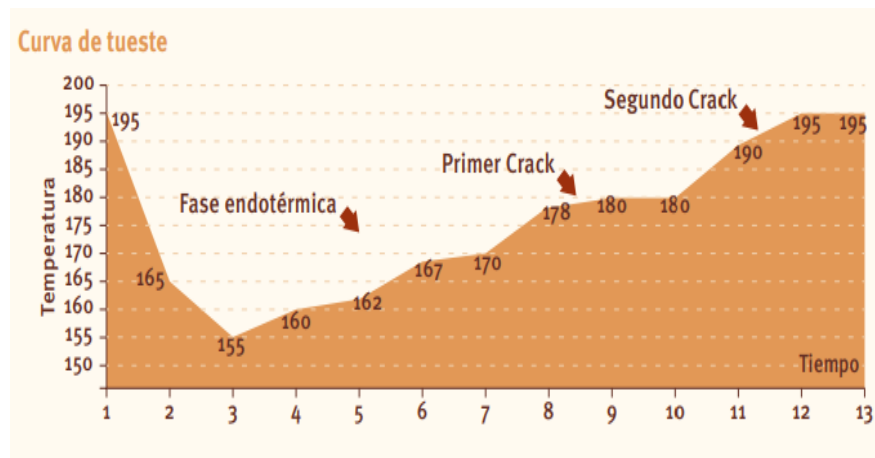


Figura 15: Comportamiento de temperatura y tiempo: (Régula Chávez-Malgiaritta, Grupo Innovadores Cafeteros del Sur, 2016)

Tabla 2. Efectos en la torrefacción: (Mora, 2017)

Cambios de temperatura en el grano (°C)	Efecto
20-130	Transición líquido-vapor del agua (secado). Sucede decoloración.
130-140	Primer máximo endotérmico. Coloración amarilla e hinchazón del grano. Formación de gases e inicio de evaporación.
140-160	Serie compleja de picos endotérmicos y exotérmicos. Cambios de color a marrón claro. Aumento de volumen y poros. Eliminación de los restos de piel plateada. Grano muy frágil. Formación de pequeñas fisuras en la superficie del grano. Inicio de la liberación de aromas.
160-190	El efecto de tostado se mueve hacia la estructura interna del grano.
190-220	Micro fisuras dentro del grano. Liberación de humo. Escapes de gran cantidad de volumen de dióxido de carbono hacen el grano poroso. Sabor a tostado típico aparece.

2.1.4. Máquina tostadora de café

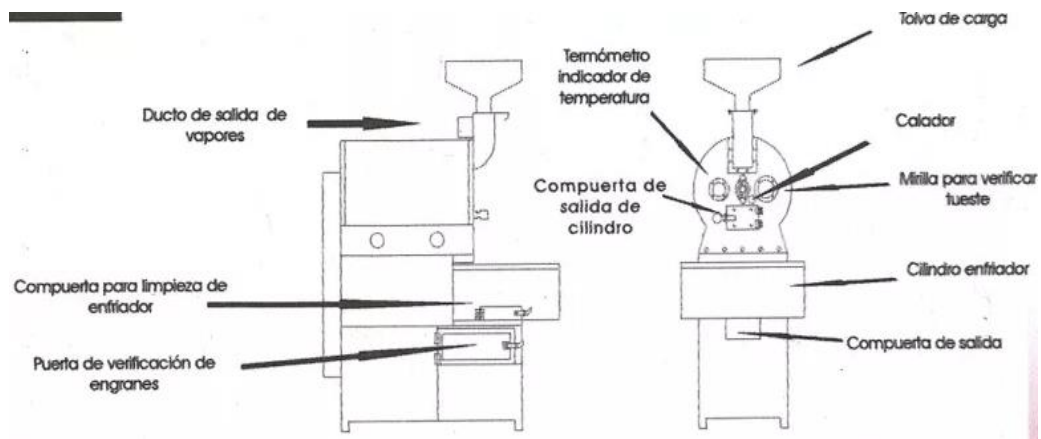


Figura 16: Máquina tostadora de café (BuscoCafé, Montar planta de Torrefacción de café)

- **Tolva de Carga:** la tolva de carga es donde se encuentra la entrada de café a la tostadora. La capacidad de tolva es de máximo 3 a 5 Kg.
- **La puerta de carga:** debe permanecer cerrada para que no caiga el café al cilindro de tostado.
- **Cilindro tostador:** está hecho en acero inoxidable, este cilindro siempre permanece girando para hacer que el tostado sea homogéneo.
- **Puerta de descarga:** esta puerta debe permanecer cerrada en el momento en que se abra la puerta de carga para iniciar el proceso de tueste.
- **Llamas:** las llamas tienen como combustible gas propano. Este es alimentado a través de una válvula de seguridad que se encuentra en la parte posterior de la máquina. **Aspas de enfriamiento:** las aspas de enfriamiento se usan como su nombre lo dice para enfriar el café al abrir la puerta de descarga. Estas aspas se activan antes de abrir la puerta de descarga.

- **Ciclón:** el ciclón se usa para hacer la extracción de aire caliente de la máquina.
- **Sensor de temperatura:** el sensor se encuentra cerca al cilindro tostador.

2.1.5. Estudio del módulo a ser utilizado para implementación en las máquinas tostadoras de café.

Tabla 3. Sistemas de máquinas tostadoras de café

MÁQUINA	SISTEMA
TOSTADORA TN-30 PLUS	Control Modulante de Temperatura y PLC con software para el seguimiento de las gráficas. (DcScaf, 2017)
TOSTADORA T1T-0A0	Control manual carga y descarga del café, con suministro monofásico y un control on /off para control de temperatura. (Endev)
TOSTADORA PEDRO 200	Control de temperatura máquina con calentamiento a gas de 05puntos de GLP y enfriamiento con tambor giratorio de ½ hp. (Endev)
TOSTADORAS TD 50	Entrada y salida de café manual con salida regulable, con quemadores de gas de dos válvulas regulables y con turbina extractora de aire con ciclón. (Endev)

2.1.6. Requisitos Funcionales

2.1.6.1. Descripción del sistema

Mediante el estudio de diversos métodos y técnicas para obtener un correcto y perfecto tostado de café se necesita independientemente del tipo de equipo o máquina con la que se vaya a trabajar, que permita manejar variables de tostado mediante un sistema de control.

Por lo cual el sistema tendrá la capacidad de controlar y regular la temperatura durante el transcurso de tostado mediante un control PID que permita elegir y manipular varias temperaturas las cuales ya son propuestas por estudios realizados por profesionales en el tema de tratamiento de café.

Este sistema igual cuenta con la activación de salidas a relé para las compuertas de entrada y salida del café, así mismo para el accionamiento de la parte de enfriado y control de flujo de gas de tal forma que sea utilizada para cualquier máquina tostadora de café que tengan un diseño estrictamente industrial.

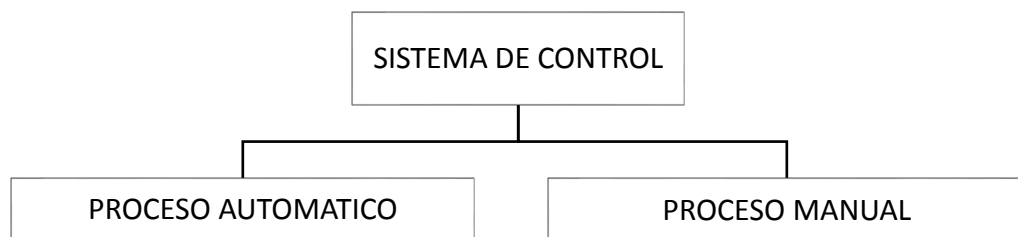


Figura 17: Estructura del sistema de control

2.1.7. Descomposición funcional

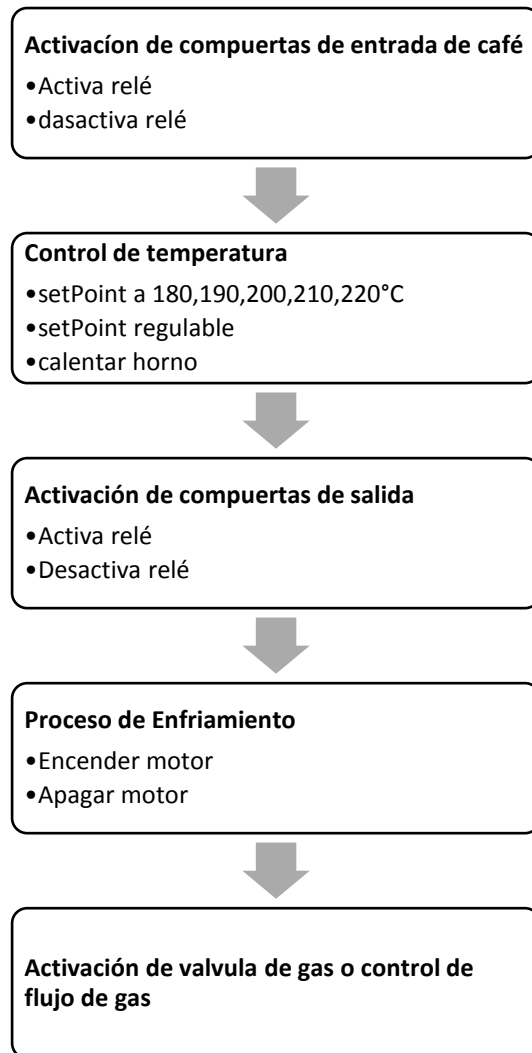


Figura 18: Descomposición funcional del sistema

2.1.8. Selección de alternativas

La selección de los principales dispositivos eléctricos y electrónicos están realizados según el criterio de ponderaciones, para verificar las mejores opciones que se adapten al entorno para desarrollar este proyecto.

- Dispositivos eléctricos
- Dispositivos electrónicos

Tabla 4. Criterios de ponderación para la selección de alternativas

Significado	Calificación	Ponderación
Insatisfactorio	0	< 35%
Satisfecho	1	36% - 50%
Bueno	2	51% - 75%
Muy Bueno	3	76% - 89%
Óptimo	4	90% -100%

2.1.8.1. Dispositivos eléctricos

Selección del módulo de control

Para selección del módulo de control se utiliza un software abierto y amigable con su entorno, este debe ser de fácil configuración, programación e instalación dentro de procesos industriales. Por lo tanto, se tomará en cuenta los equipos LOGO Siemens, PLC Arduino, y Zelio Logic. La tabla 4 muestra los criterios para selección del motor con su respectiva ponderación.

Tabla 5. *Criterios de ponderación para la selección de alternativas*

Criterio	LOGO	PLC Arduino	Zelio Logic
Configuración	2	3	2
Programación	2	4	2
Comunicación	1	2	2
Mantenimiento	2	3	2
Costo	1	4	3
Seguridad	2	2	2
SUMA	10	18	13

Con la información obtenida al realizar la ponderación y además con la siguiente información se concluye la que mejor elección sería el PLC Arduino.

Entre sus características predominan:

- En costo es la principal característica que influye para elegir el PLC Arduino debido a que es muy económico.
- La programación es igual muy fácil de realizar debido a que podemos trabajar con librerías de la página de Arduino.
- Este módulo es netamente nacional.
- Soporte técnico.
- Tres puertos seriales de comunicación para datos digitales; esto provee conexión con HMI y los módulos electrónicos propios de la marca Eopus (bluetooth, wifi, GSM) o actuar como un puerto de depuración serial; al admitir esta clase de elementos, se logra desarrollar aplicaciones móviles

app (Tablet, Smartphone) que permiten inspeccionar los sistemas mediante dispositivos a una distancia deseada, proporcionando de esta manera control y supervisión a los sistemas en tiempo real.

- La capacidad del procesador para almacenar el programa es de 128 Kbytes y para manejo de datos 20 Kbytes de RAM a una velocidad de 72 MHz.

2.1.8.2. Selección de interfaz HMI

Para la selección de la interfaz HMI se toma en cuenta la facilidad de adquirir, configuración, comunicación, costo, y la garantía que este ofrece para el módulo de control. En base a esto se toma en cuenta la pantalla GreenTouch (GT-5W-15.4-1) y pantalla LCD TFT. La tabla 6 muestra los criterios para selección de interfaz con su respectiva ponderación.

Tabla 6. Criterio de ponderación para selección de interfaz HMI

Criterio	pantalla GreenTouch	Pantalla LCD TFT
Adquisición	3	4
Configuración	2	4
Comunicación	2	4
Costo	2	3
Garantía	2	4
SUMA	11	19

Con el estudio realizado la opción más adecuada es la pantalla LCD TFT no solo por los parámetros antes mencionados si no por las siguientes características que ayudaran a cumplir los objetivos planteados.

- Software gratuito para configuración y diseño de nuestra pantalla.
- Instrucciones basadas en texto ASCII para codificar cómo interactúan los componentes en el lado de la pantalla.
- Ofrece diversos tamaños de pantallas desde 2.4 hasta 7 pulgadas.
- Con solo 2 cables (RX, TX), la pantalla NEXTION se conecta rápidamente a MCU a través de 5V TTL Serial para proporcionar notificaciones de eventos en las que MCU actúa, y utiliza simples instrucciones basadas en texto ASCII para que la MCU pueda proporcionar fácilmente actualizaciones de progreso y estado a su Usuario HMI.

Diseño de HMI:

La configuración del HMI se realizó en Nextion Editor este programa permite crear ilustraciones en las cuales se programa instrucciones para el funcionamiento.

Los diferentes perfiles de presentación se los realizo con la ayuda del programa Photoshop y luego se procedió a cargar en el programa para así realizar cada representación.

Cada pantalla está realizada bajo normas de HMI, la norma que se utilizo es la ISA 101. (ICE, 2011)

PRESENTACIÓN 1:

Pantalla inicial



Figura 19: Presentación de HMI

PRESENTACIÓN 2:

Dos sistemas que se elegirá para trabajar, tan solo presionando el botón de color verde se iniciará cada sistema. También lleva un botón de ATRÁS para volver a la hoja anterior.

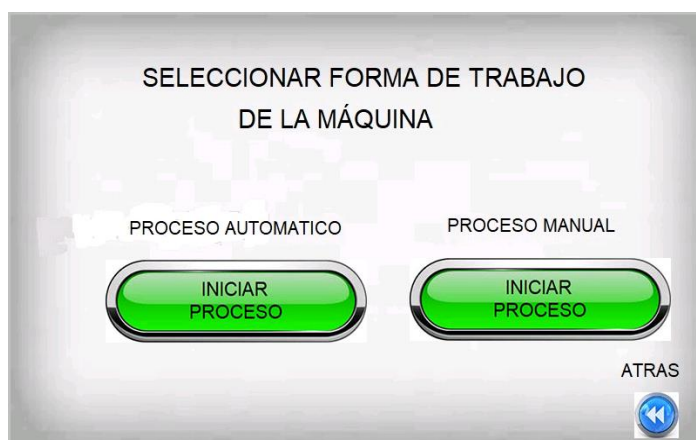


Figura 20: selección de proceso automático o manual.

PRESENTACIÓN 3:

Mensaje de selección de proceso automático.

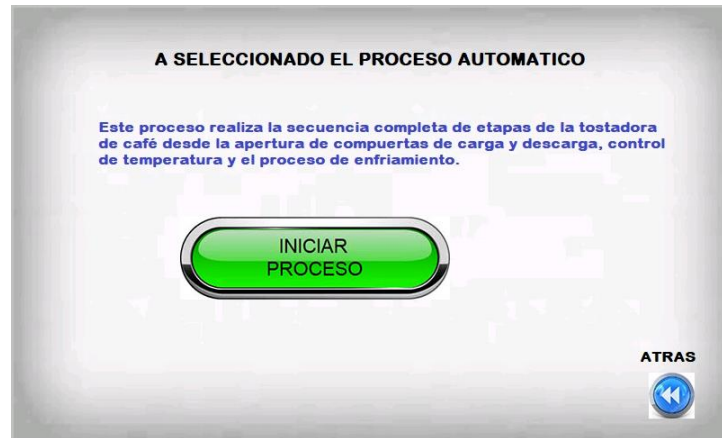


Figura 21: Mensaje de selección de sistema.

PRESENTACION 4:

Configuración de calentamiento

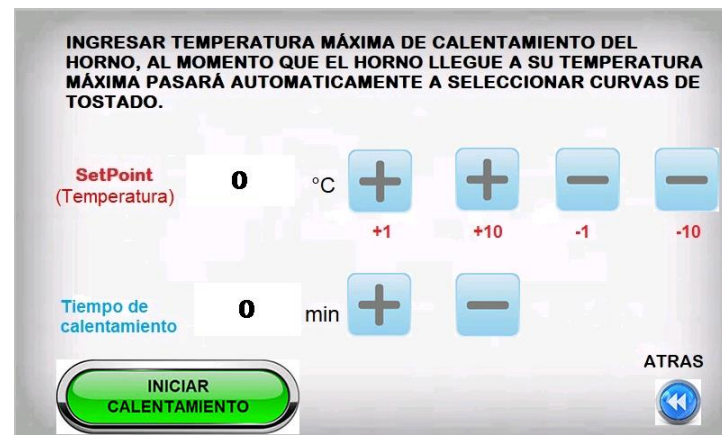


Figura 22: Pantalla de configuración de parámetros de calentamiento.

PRESENTACIÓN 5:

Grafica de curva de calentamiento

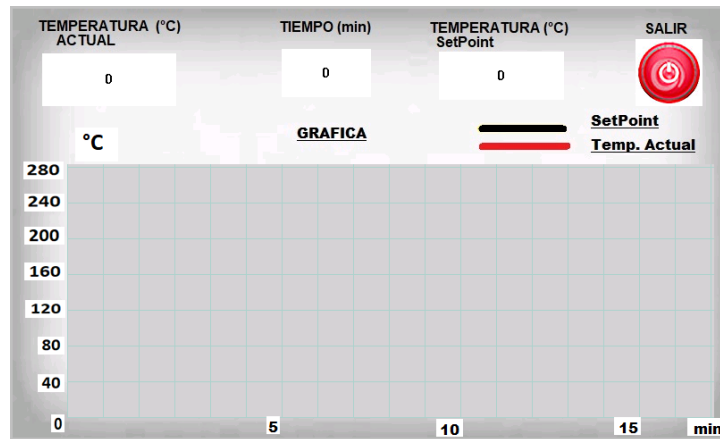


Figura 23: Pantalla de representación de curva

PRESENTACION 6:

Procesos del sistema manual

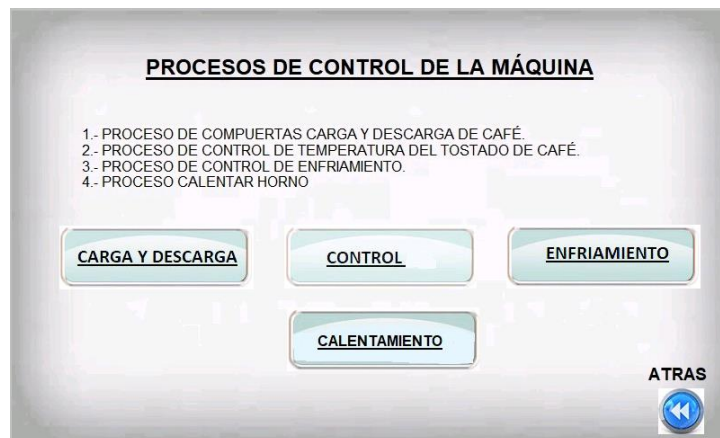


Figura 24: Selección de procesos del sistema manual

PRESENTACIÓN 7:

Selección de compuerta de carga y descarga.



Figura 25: Selección de compuertas

PRESENTACIÓN 8 y 9:

Comandos de abrir y cerrar compuerta de carga y descarga.



Figura 26: Compuerta carga



Figura 27: Compuerta descarga

PRESENTACIÓN 10:

Selección y configuración de curva de tostado.



Figura 28: Pantalla de configuración de curva de tostado

PRESENTACIÓN 11,12,13, y 14:

Configuración curva I, curva II, curva III, curva IV de tostado de café.

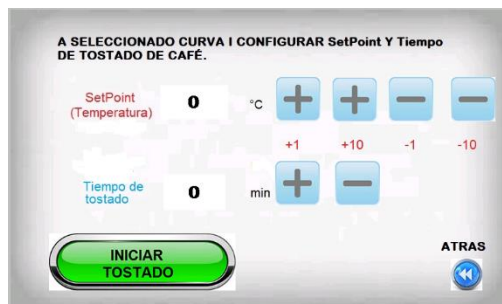


Figura 30: Pantalla Curva I

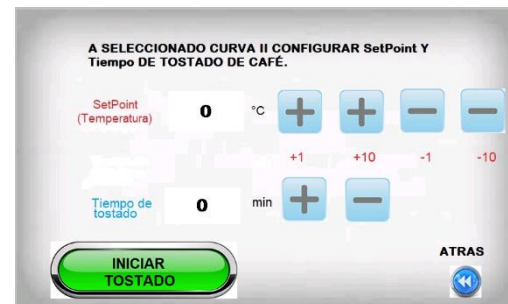


Figura 29: Pantalla Curva II



Figura 31: Pantalla Curva III



Figura 32: Pantalla Curva IV

PRESENTACIÓN 15:

Mando de enfriamiento con botones de encender y apagar el sistema.

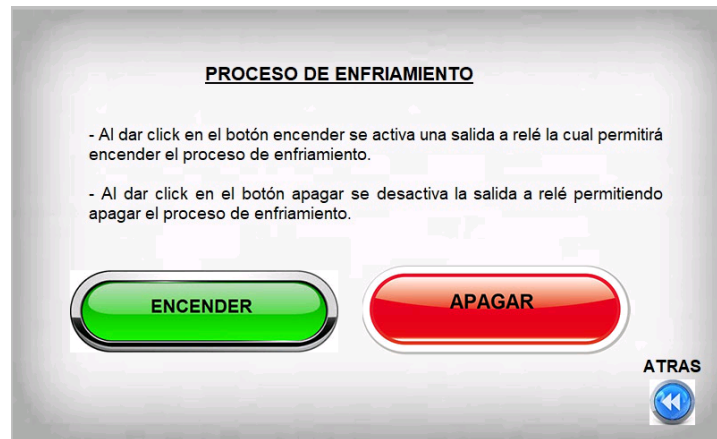


Figura 33: Pantalla de control de enfriamiento

2.1.8.3. Selección de convertor de corriente

Para la transformación de corriente a voltaje se ha elegido un módulo convertor de señal, este pequeño circuito es posible recibir una señal variable de 4-20ma y convertirla a una señal de tensión de 0 a 15V ajustable, además, de que es fácil de adquirir debido a su bajo costo, tiene buena comunicación con microcontroladores, arduino y PLC.

2.1.8.4. Selección de SSR

Debido a que se trabajó con la máquina de la Facultad FICAYA y esta trabaja con resistencias eléctricas utilizamos el relé de estado sólido, lo cual trabajamos con un SSR (MS-VD2240B) para controlar el paso de corriente hacia las niquelinas, es de tipo industrial, es de fácil manipulación, y de bajo costo.

2.1.8.5. Selección de transmisor de temperatura

Para seleccionar el transmisor de temperatura se lo hizo debido a la disponibilidad del sensor de temperatura que es la termocupla tipo K por lo tanto se trabajara con el transmisor tipo KH213 el cual trabaja a un rango de 0 – 1300 °C, con entrada de termopar y RTD, salida a 4-20 mA, con una exactitud de 0.1% FS y es de tipo aplicación industrial.

2.1.8.6. Selección de sensor de temperatura

Para selección del sensor de temperatura se tomó en cuenta la disponibilidad del sensor y el bajo costo de adquirirlo. Por lo tanto, se utilizará la termocupla tipo K, que tiene los rangos de -250 a 1300 °C y es un sensor de gran capacidad que

Selección del proceso de funcionamiento

Se observa la configuración del módulo de control, ver *Figura 34*. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento.

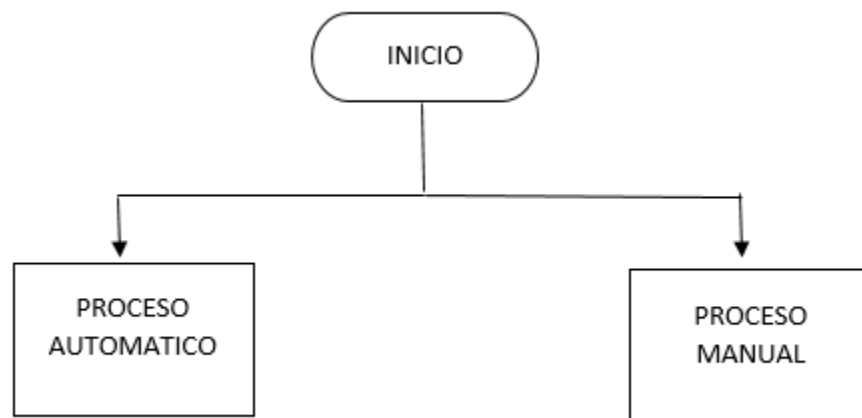


Figura 34: Procesos que realizara el modulo

2.1.8.7. Proceso Automático de la máquina

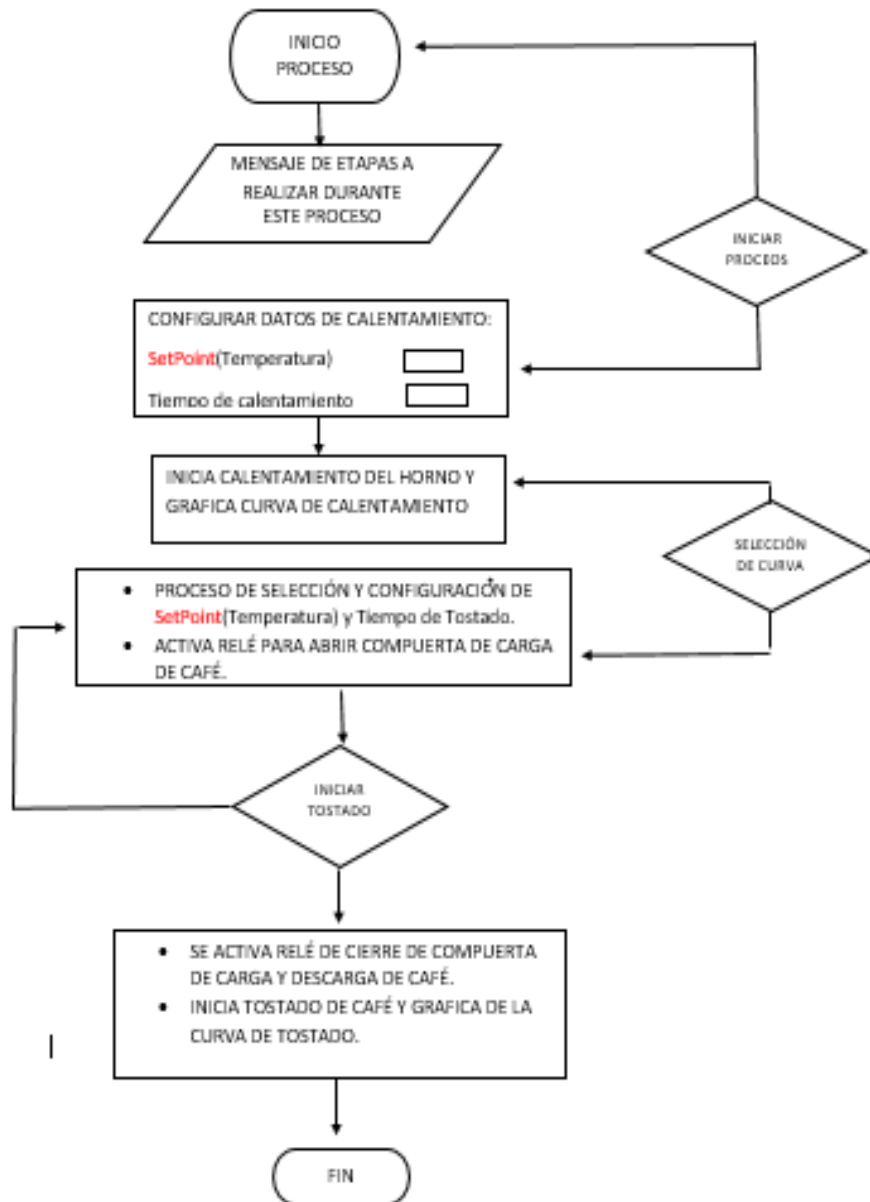


Figura 35: Diagrama de flujo del proceso automático

2.1.8.8. Proceso de calentamiento del horno

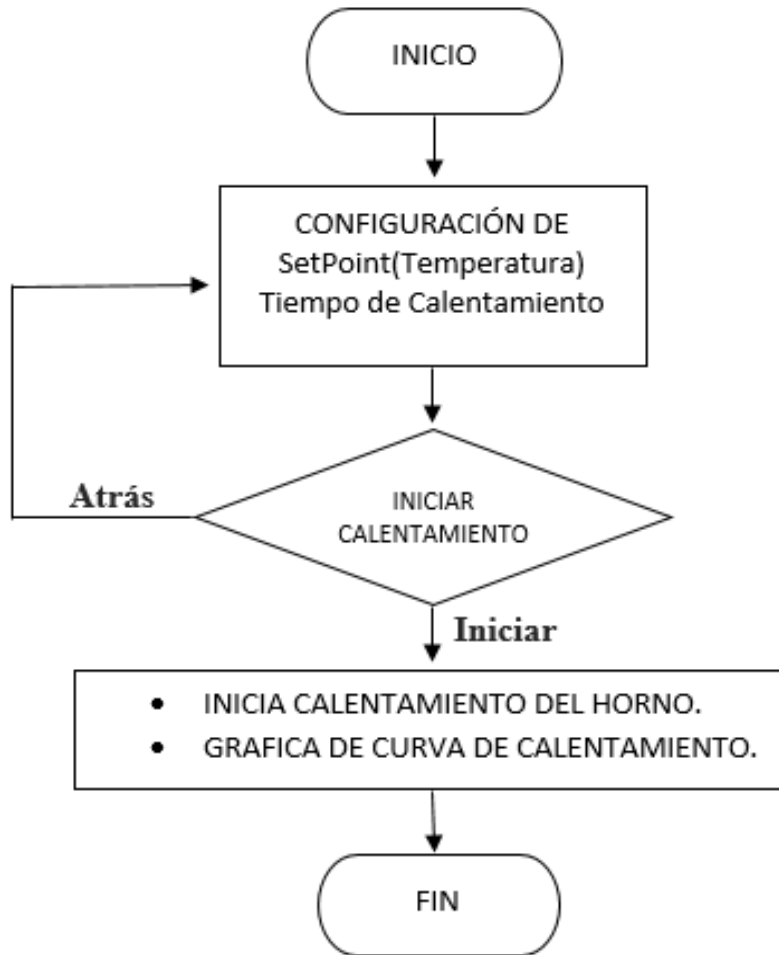


Figura 36: Diagrama de flujo del proceso de calentamiento

2.1.8.9. Proceso manual de la máquina

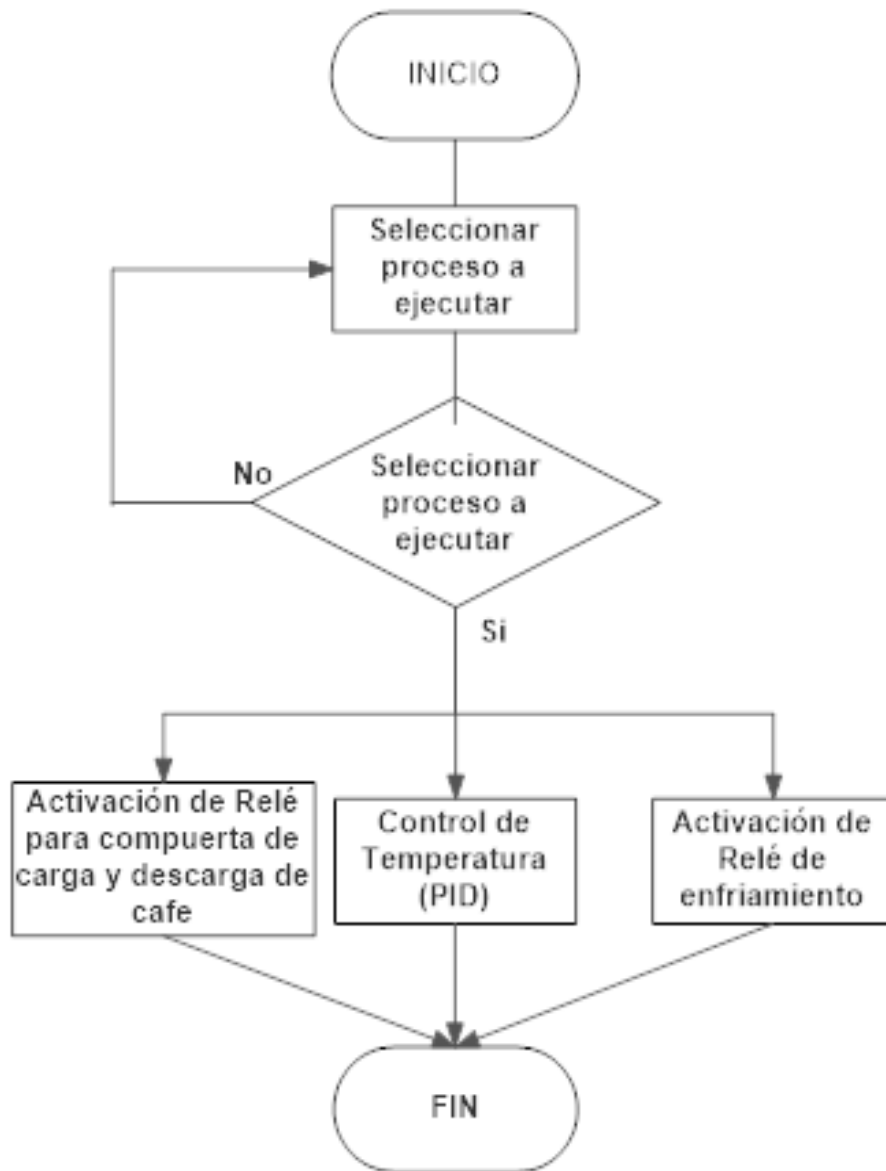


Figura 37: Diagrama de flujo de selección de proceso

2.1.8.10. Proceso de activación de relé para compuertas de carga y descarga de café.

Se observa los diferentes sistemas de carga y descarga estas serán activadas y desactivas por acción de un relé.

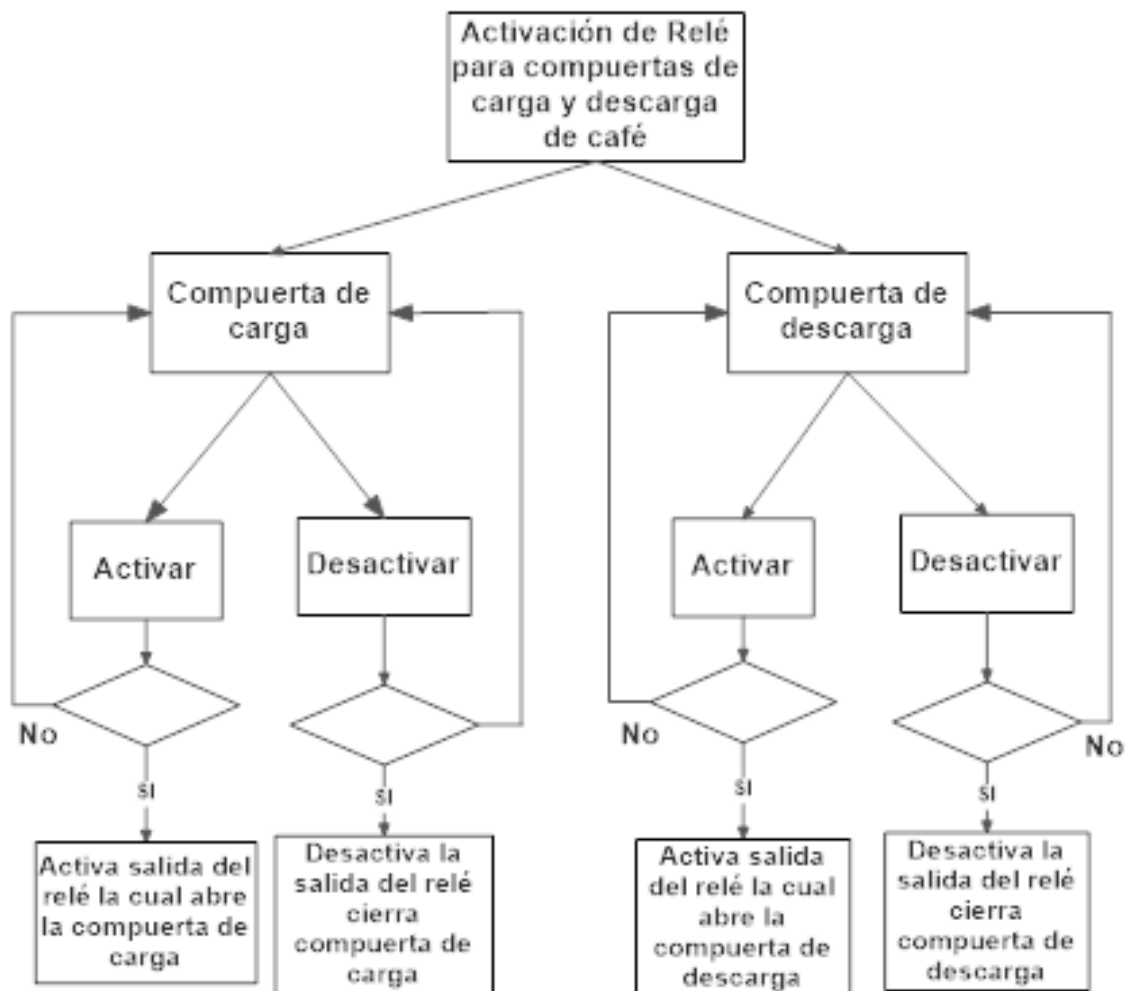


Figura 38: Diagrama de flujo del proceso de activación de relé para compuertas

2.1.8.11. Sistema de enfriamiento.

Se puede activar o desactivar un relé para encender o apagar el proceso de enfriamiento.

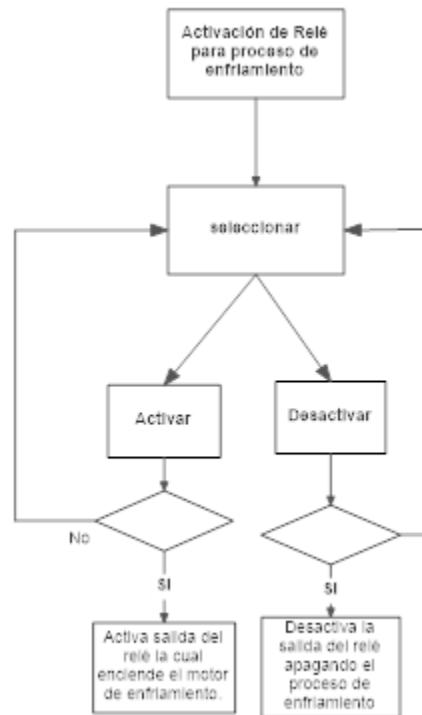


Figura 39: Diagrama de flujo del proceso de enfriamiento

2.1.9. Cálculos

Sintonización PID

Para sintonizar el PID automático de la librería de arduino aplique el método manual de sintonización este método de ajuste consiste en establecer los valores de K_i y K_d a cero. A continuación, incremente K_p hasta que la salida del lazo oscile.

Finalmente, incremente K_d , si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia a una brusca carga.

Debido a que es un PID automático el cual trabaja con dos controles sintonice los dos una vez conectado el modula a la máquina con una carga de café de 300 y 500 gramos con los siguientes datos:

Tabla 7. Parámetros del control PID

PID	K_p	K_i	K_d
Parámetros A	1	0.2	1
Parámetros B	2	0.05	0.25

El control 1 trabaja una vez que el valor del sensor de temperatura sobrepase el valor del SetPoint este realizar un ajuste brusco para controlar la temperatura con los parámetros A.

El control 2 trabaja mediante una condición que si la temperatura del sensor es menor a 10 grados del SetPoint el control va a trabajar con los parámetros B estos son demasiado conservadores debido a que va realiza un ajuste para que el sobrepaso sea muy bajo.

Condición:

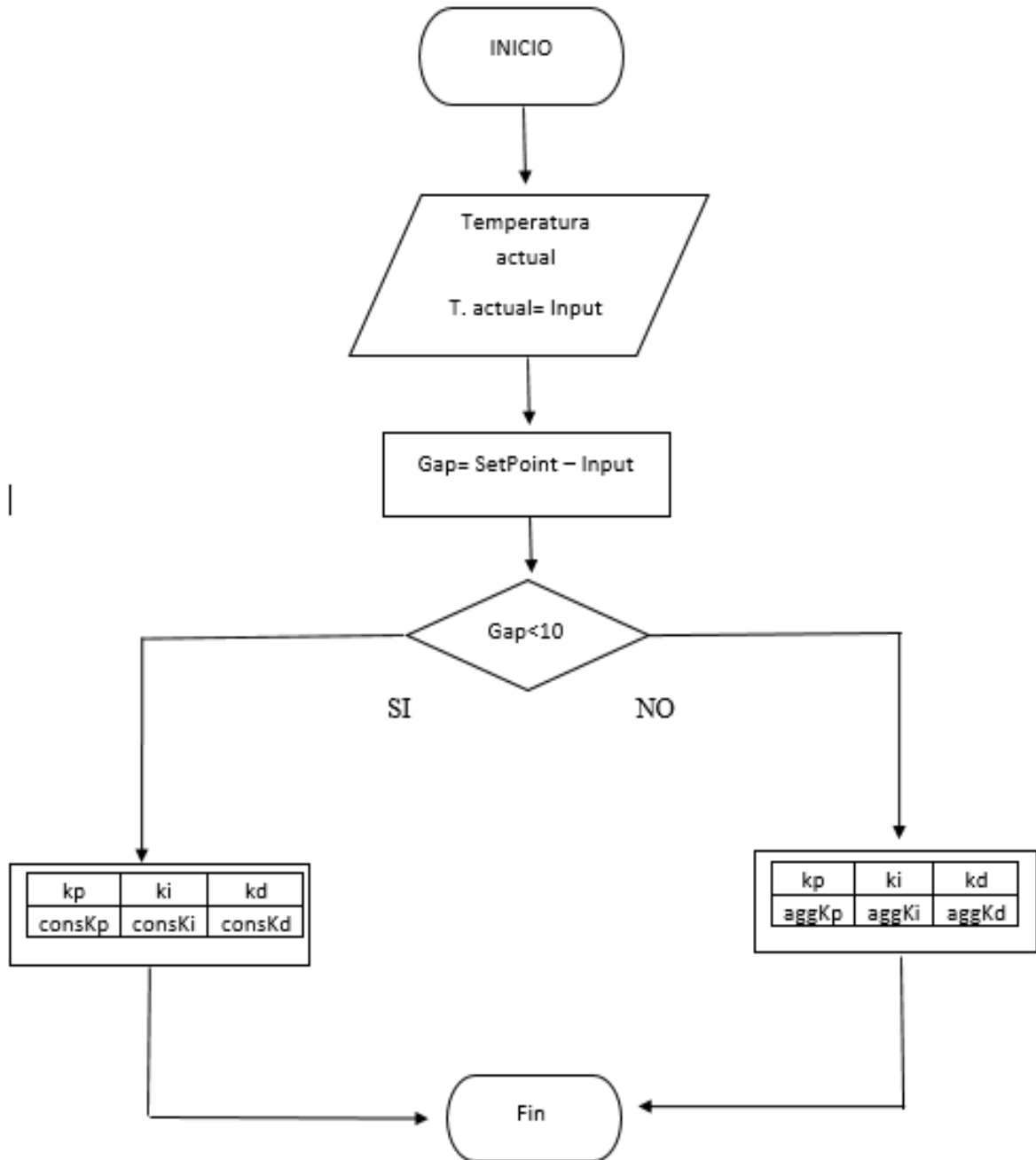


Figura 40: Diagrama de pseudocódigo de sintonización

3. RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO

3.1. Pruebas de funcionamiento del sistema de control

El módulo de control es fácil de instalar en cualquier máquina tostadora de café sea eléctrica o a gas, por lo tanto, las pruebas de funcionamiento se las realizo en la máquina que posee en sus laboratorios la facultad FICAYA.

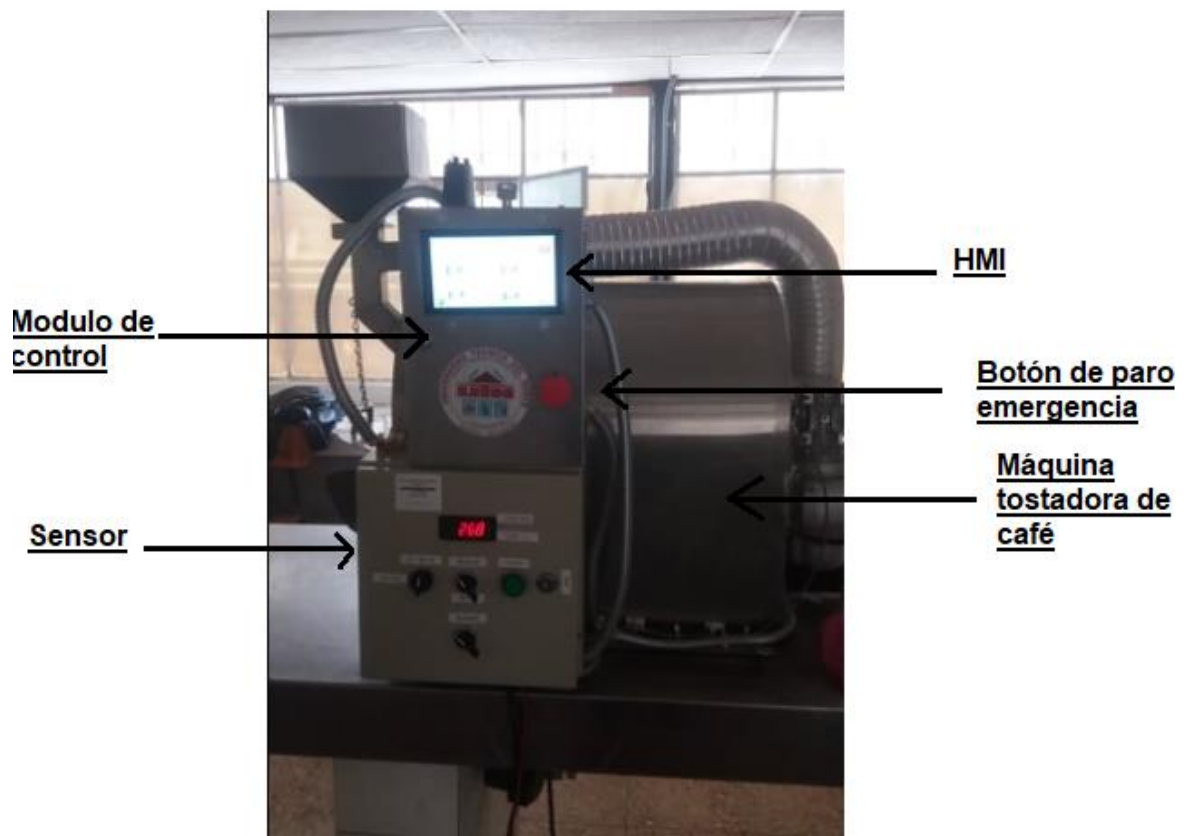


Figura 41: Modulo de control

Las Pruebas se realizó con estudiantes de la facultad FICAYA con el fin de conocer la diferencia del contenido de antioxidantes y las características organolépticas para los siguientes datos, ver *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..* En la curva T1 se toma como tiempo de tostado 12 min con una temperatura de 190° C el mismo procedimiento se realizó para las demás curvas.

Tabla 8. Registro de datos

Curva	Tiempo de tostado (min)	Temperatura (°C)
T1	12	190
T2	18	190
T3	12	220
T4	18	220

3.2. Resultados del sistema de control

Se realizó las pruebas, con café de la zona de Gualchan provincia del Carchi con medidas exactas de café para observar las variaciones entre el peso final y el peso inicial del café y las características organolépticas de este tipo de café.

Tabla 9. Resultados del proceso de tostado

TABLA DE RESULTADOS DEL PROCESO DE SECADO DURANTE EL TOSTADO			
CURVA	PESO INICAL	PESO FINAL	% HUMEDAD PERDIDA
T1	500	451	9,8
T2	500	435	13
T3	500	423	15,4
T4	500	415	17

3.2.1. Resultado de curva T1

Esta prueba se realizó con el fin conocer los porcentajes de contenido de antioxidantes a una temperatura de 190 °C a 12 minutos con 500 gramos de café.



Figura 42: Resultado curva T1

Tabla 10. Resultados curva 1

CURVA	PESO INICIAL	PESO FINAL	% HUMEDAD PERDIDA
T1	500	451	9,8

El resultado como se observa en la *Figura 43*, es muy homogéneo y de gran color con una pérdida de humedad del 9,8 % lo cual es preciso para realizar el tratamiento de extracción de antioxidantes y para conocer las características organolépticas.

3.2.2. Resultado de curva T2

Se puede observar en la **Figura 43** el resultado de un café más oscuro debido al tiempo de tostado que se impuso que es de 18 minutos a una temperatura de 190 °C.

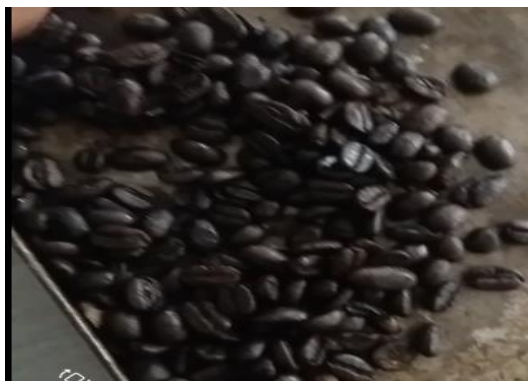


Figura 43: Resultado de curva T2

Tabla 11. Resultados curva 2

CURVA	PESO INICIAL	PESO FINAL	%HUMEDAD PERDIDA
T2	500	451	13

La pérdida de humedad al tostar con estos parámetros fue del 13 % debido al alto tiempo que se puso a tostar.

3.2.3. Resultado de curva T3

Los resultados que se observa en la **Figura 45** son de un tostado a 200° C con un tiempo de 12 minutos, salió un café un muy negro, pero es preciso para los estudios que realizaran los estudiantes.



Figura 44: Resultado de curva T3

Tabla 12. Resultados curva 3

CURVA	PESO INICIAL	PESO FINAL	%HUMEDAD PERDIDA
T3	500	423	15,4

3.2.4. Resultado de curva T4

El tostado de 500 gramos de café a una temperatura de 220 °C y un tiempo de 18 minutos como se observa en la *Figura 46*, es muy homogéneo y de gran color. Este proceso se realizó para conocer las características organolépticas que tiene el café en este estado.



Figura 45: Resultado de curva T4

Tabla 13. Resultados curva 4

CURVA	PESO INICIAL	PESO FINAL	%HUMEDAD PERDIDA
T4	500	415	17

Este resultado nos describe que se perdido un 17% de humedad del café en todo el proceso de tostado.

3.3. Efecto de tratamiento de tostado

Mediante el estudio realizado de tratamiento de café se logra divisar en la figura la constancia y permanencia del color y homogeneidad del café que se tostó con el sistema de control.

CURVA	COLOR DEL CAFÉ POR EFECTO DEL TRATAMIENTO DE TOSTADO	
T1	MUY CLARO	
T2	CLARO MODERADO	
T3	MEDIO MODERADO	
T4	OSCURO MODERADO	

Figura 46: Tratamiento del tostado

Comparando los resultados obtenidos se observa que los colores están muy relacionados con lo previsto y así mismo la homogeneidad es muy clara en todos los granos de café.

Conjuntamente con las personas que realizaron este tratamiento de cálculo de humedad del café se llegó a la conclusión que la máquina aumento su eficiencia tanto en el proceso de tostado, como el aprovechamiento de variables importantes del café.

3.4. Sistema de Alarma

Se vio la necesidad de instalar una alarma en tanto la parte del calentamiento del horno y de tostado de café como una prevención a cada proceso que va a continuar.

Los beneficios de esta alarma son muy favorables debido a que así podemos sacar un tostado en el tiempo manteniendo al operador atento a cada trabajo que está realizado en la máquina.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se hizo la visita a diferentes proveedores de máquinas tostadoras de café en la provincia de Imbabura para ver el funcionamiento de cada una de estas y así poder hacer un estudio diferenciado para el diseño de este módulo de control.
- Se instaló 3 resistencias eléctricas en la máquina con lo cual se consiguió una mayor eficiencia de calentamiento, y una mejor precisión en el control debido que se realizó el control de las 3 resistencias conectadas en paralelo.
- El sensor de temperatura de la máquina fue remplazo por una Termocupla tipo K obteniendo mejores resultados, este sensor fue linealizado y acondicionado directamente con un transmisor tipo Kh213 generando una salida analógica de dos cables 4-20 Ma.
- Se implementó dos procesos de control uno automático para máquinas con procesos netamente automáticos y un proceso manual para máquinas con la mayoría de sus procesos manuales, permitiendo así brindar mayores opciones de control en cada proceso y un mejor funcionamiento, además, de brindar una mayor seguridad y facilidad para el usuario.
- Se realizó la sintonización del PID una vez instalado el modulo en la máquina observando el comportamiento tanto con carga y sin carga de café, ajustado así el control a su mayor eficiencia.
- Se validó el sistema de control implantándolo en la máquina de la facultad FICAYA, obteniendo una adaptación de los elementos a la HMI, utilizando software libre,

dejando abierto a modificaciones y posibles mejoras que puedan ser utilizados con fines académicos.

Recomendaciones

- Para futuras investigación o trabajos de tesis se considera implementar la opción de guardar y estudiar la línea de tastado generada por cada tastado realizado.
- Se recomienda leer el manual de usuario antes de operar la máquina para así evitar posibles daños del equipo.
- Por las pruebas realizadas se recomienda hacer un precalentamiento del horno de 15 a 20 minutos para tener la máquina a la temperatura deseada para tostar, logrando con esto a mantener las propiedades del café.

5. ANEXOS

Anexo 1. Tablas de código ASCII

Tabla 14. Tablas código ASCII

ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo		
0	0	NUL	16	10	DLE	32	20	(space)	48	30	0
1	1	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	2	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	3	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	4	EOT	20	14	DC4	36	24	\$	52	34	4
5	5	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	6	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	7	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	8	BS	24	18	CAN	40	28	(	56	38	8
9	9	TAB	25	19	EM	41	29	)	57	39	9
10	A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?
ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo		
64	40	@	80	50	P	96	60	`	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[	107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	|
77	4D	M	93	5D	]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	

Anexo 2. Manual de CP04

DISTRIBUCION DE TERMINALES

Term	Nom	Descripción	Rangos
1	5V	Voltaje +5V	+5VDC
2	SA	Salida Análoga	0-10V
3	S1	Salida de transistor 1	12-24 VDC
4	S2	Salida de transistor 2	12-24 VDC
5	S3	Salida de transistor 3	12-24 VDC
6	+V	Alimentación de módulo de control (+V)	12-24 VDC
7	0V	Alimentación de módulo de control (GND)	0V
8	S4	Salida de relé 1	220 VAC
9	S5	Salida de relé 2	220 VAC
10	S6	Salida de relé 3	220 VAC
11	S7	Salida de relé 4	220 VAC
12	CM	Común salida relé	220 VAC
13	A0	Entrada 1 de voltaje/ NTC (10K Ω)	0-10V
14	A1	Entrada 2 de voltaje/ NTC (10K Ω)	0-10V
15	A2	Entrada de corriente	0-20mA
16	0V	GND común entradas	0V
17	I1	Entrada digital 1	+5 VDC
18	I2	Entrada digital 2	+5 VDC
19	I3	Entrada digital 3	+5 VDC
20	I4	Entrada digital 4	+5 VDC
21	I5	Entrada digital 5	+5 VDC
22	I6	Entrada digital 6	+5 VDC
23	I7	Entrada digital 7	+5 VDC
24	I8	Entrada digital 8	+5 VDC
Prog.	Prog	Puerto de programación (micro USB)	+5VDC
Com1	Com1	Puerto serial 1 TTL (micro USB)	+5VDC
Com2	Com2	Puerto serial 2 TTL (mini USB)	+5VDC
Com3	Com3	Puerto serial 3 TTL (mini USB)	+5VDC

Figura 47: Distribución de terminal del PLC Arduino

Term	Nom	Descripción
4	S2	1
5	S3	2
6	+V	+24
7	0V	GND
9	S5	KM3
12	CM	Común
13	A0	R1(tiempo 1)
14	A1	R1(tiempo 2)
16	0V	GND
17	I1	Sensor de fase
18	I2	Protección M1
19	I3	Run
20	I4	Stop
21	I5	Variador OK

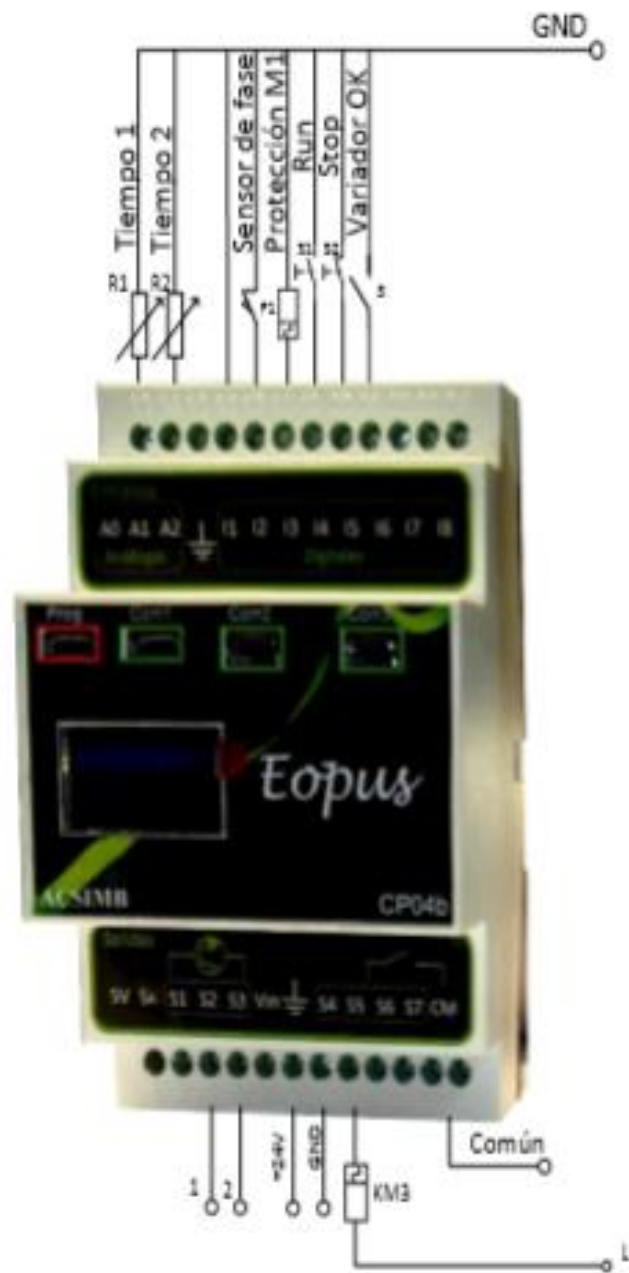


Figura 48: Descripción de puertos

Term	Nom	Descripción
6	+V	+24
7	0V	GND
9	S5	KM1
11	S7	KM2
12	CM	Común
13	A0	R1(tiempo 1)
14	A1	R1(tiempo 2)
16	0V	GND
17	I1	Sensor de fase
18	I2	Run
19	I3	Protección M1
20	I4	Stop



Figura 49: Descripción de puertos 2

Anexo 3. Circuito eléctrico

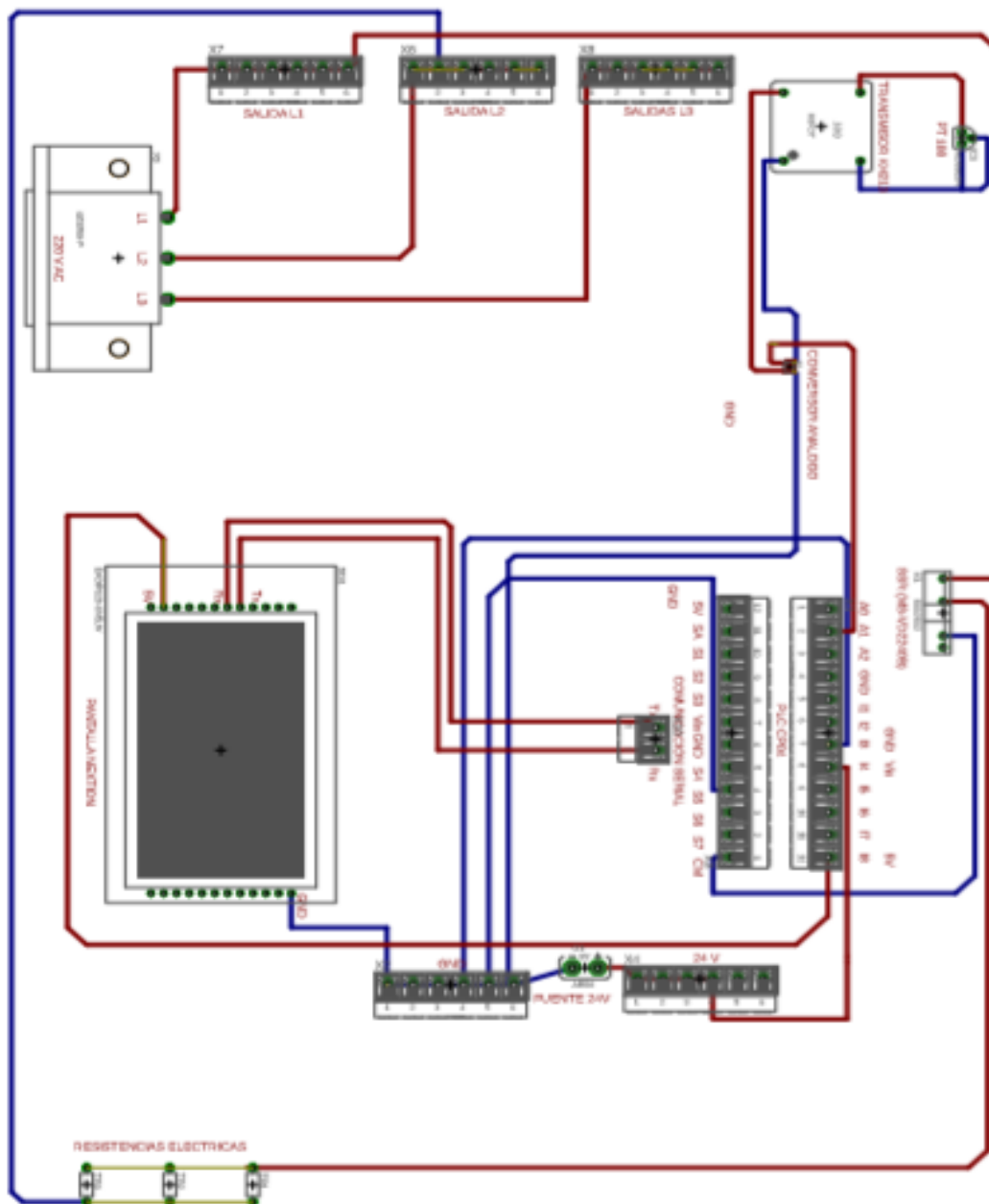


Figura 50: Circuito Eléctrico

Anexo 4. Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE

UNA MÁQUINA TOSTADORA DE CAFÉ

En este manual se va a indicar los pasos de como operar correctamente la interfaz gráfica de usuario.

Primero esperar que la máquina este alimentada a corriente para así nuestro módulo de control se encienda inmediatamente.

Una vez que esto suceda se observa en la pantalla la presentación de nuestro HMI:



Figura 51: Pantalla de Inicio

En la pantalla inicial se muestra el botón de **INICIO** *Figura 51* una vez estando aquí presionar este botón para iniciar el programa.

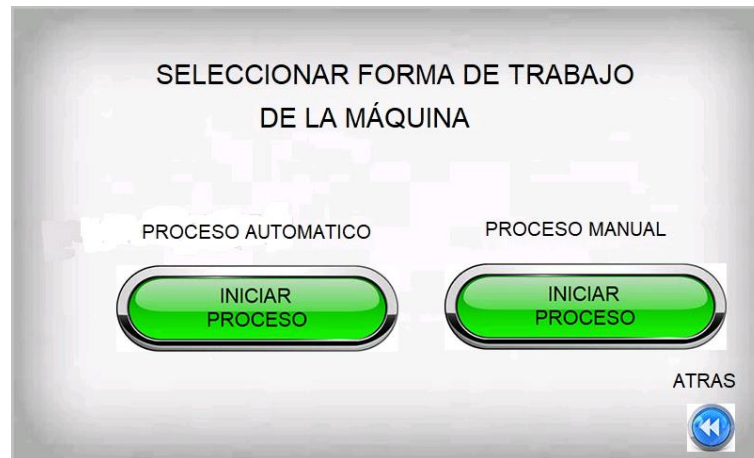


Figura 52: Selección de proceso

Tengo dos botones **PROCESO AUTOMATICO** y **PROCESO MANUAL** como se observa en la *Figura 52*

PROCESO AUTOMATICO. – Este botón permite realizar un proceso continuo con una programación de todos los procesos de la máquina. Estos procesos son:

- PROCESOS DE COMPUERTAS CARGA Y DESCARGA DE CAFÉ.
- PROCESO DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL TOSTADO DE CAFÉ.
- PROCESO DE CONTROL DE ENFRIAMIENTO
- PROCESO DE PRE-CALENTAMIENTO

Al presionar el botón **INICIAR PROCESO** se desplegará la siguiente pantalla donde aparece un mensaje el cual se debe leer atentamente.

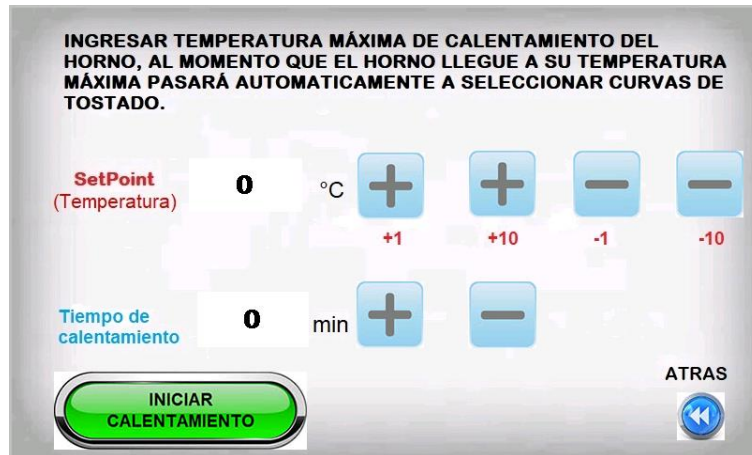


Figura 53: Configuración de calentamiento

En esta pantalla configurar el **SetPoint** y el **Tiempo de calentamiento** de la máquina.

SetPoint. – Es el límite de temperatura a la cual es necesario que la máquina este trabajando para ingresar a un proceso de tostado. Este SetPoint se recomienda configurarlo a la misma temperatura que se va trabajar en el primer tostado que se realizara *Figura 53*.

El límite de temperatura es de 255 grados Celsius.

Tiempo de calentamiento. – Tiempo el cual durara en calentamiento la máquina una vez que la temperatura actual llegue al SetPoint ingresado. Este tiempo debera de ser mínimo de 10 a 15 minutos para así tener mayor eficiencia del control PID *Figura 53*.

El límite de temperatura es 30 minutos en la parte de calentamiento.

Lista de botones que aparecen en la pantalla configurar calentamiento *Figura 53*:

BOTÓN INCREMENTO Y DECREMENTO. – Estos botones ayudan a configurar la temperatura y tiempo bien de 10 en 10 y así mismo de 1 en 1 en la parte de temperatura, y en la parte del tiempo se lo hace de 1 en 1 *Figura 53*.

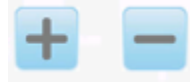


Figura 54: Botones de Incremento y Decremento

BOTÓN ATRAS. -Este botón permite retornar a la pantalla de **SELECCIÓN DE PROCESOS**.



Figura 55: Botón ATRÁS

BOTÓN INICIAR CALENTAMIENTO. -Al presionar el botón INICIAR CALENTAMIENTO se despliega la pantalla *Figura 56* donde se observará la curva de tostado, y parámetros de medida como es temperatura actual, tiempo de calentamiento, SetPoint (Temperatura) y el botón salir e inmediatamente comienza el calentamiento de la máquina.

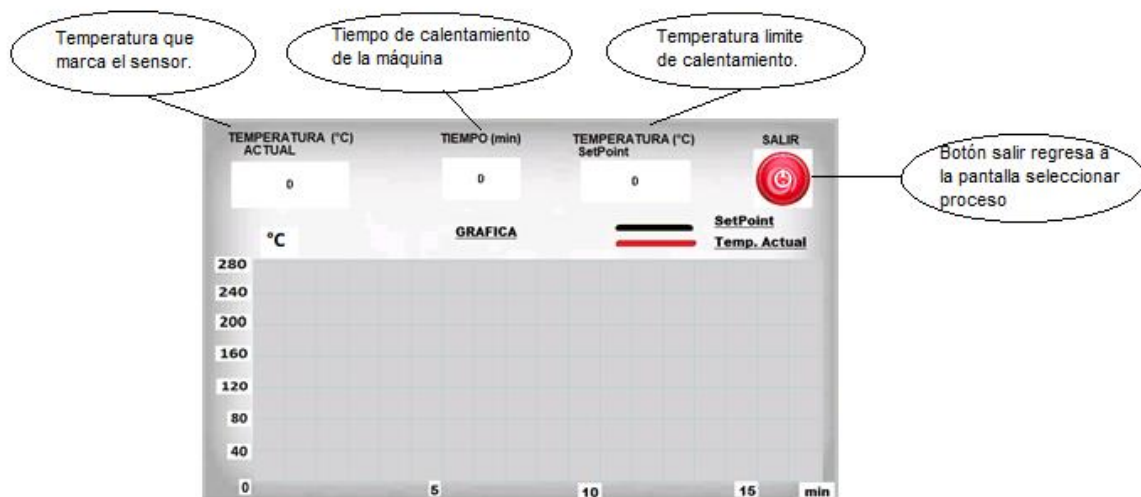


Figura 56: Curva de Calentamiento

Una vez que termine el tiempo de calentamiento automáticamente se ira a la pantalla selección curva de tostado. Aquí se encuentra un indicador de la temperatura a la cual está trabajando el horno que por lo general se mantendrá en la temperatura que configuramos en la pantalla de calentamiento del horno.

En la pantalla SELECCIÓN Y CONFIGURACION DE CURVA DE TOSTADO se logra configurar cuatro tipos de curva de tostado donde se podrá configurar el SetPoint (Temperatura) y el tiempo de tostado.




Figura 57: Selección y Configuración de Curva de Tostado

Se logra observar el botón de salir el cual vuelve a la pantalla seleccionar proceso, este actúa como un paro de emergencia si la temperatura está elevando o disminuyendo más de lo común.



Figura 58: Botón salir

Una vez que presione el botón  abrirá la pantalla de configurar datos de curva I donde se configura el SetPoint (Temperatura) y el tiempo de tostado del café *Figura 59*.

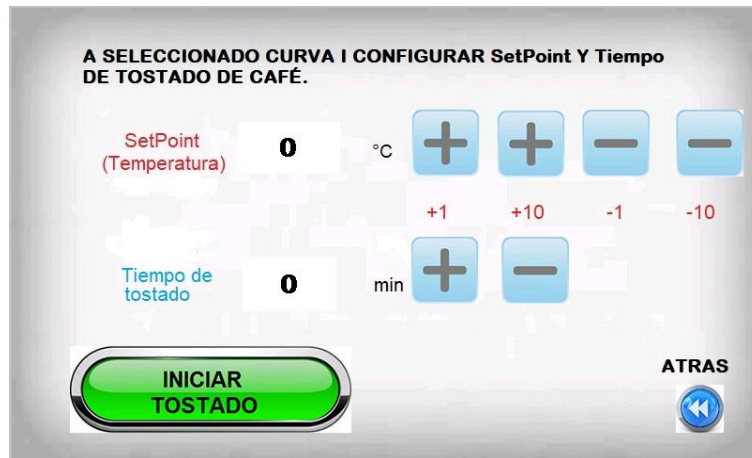


Figura 59: Configurar Curva I

Esta pantalla será la misma si presionas el botón play de las cuatro opciones de curva y así, realizar la configuración de curva de tostado *Figura 59*.

Aquí se observa botones como:

Botón de incremento y decremento del SetPoint (Temperatura) y el tiempo de tostado *Figura 54*.

BOTÓN ATRAS. -Este botón permite retornar a la pantalla de **SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE CURVA DE TOSTADO**.

BOTÓN INICIAR TOSTADO. – Al momento que presionas este botón se abre la pantalla de curva I de tostado donde se encuentra los parámetros de temperatura actual, tiempo de tostado, temperatura o SetPoint, y el boto salir.



Figura 60: Botón Iniciar Tostado

En esta pantalla se observa la curva de tostado en una escala de relación temperatura/ tiempo.

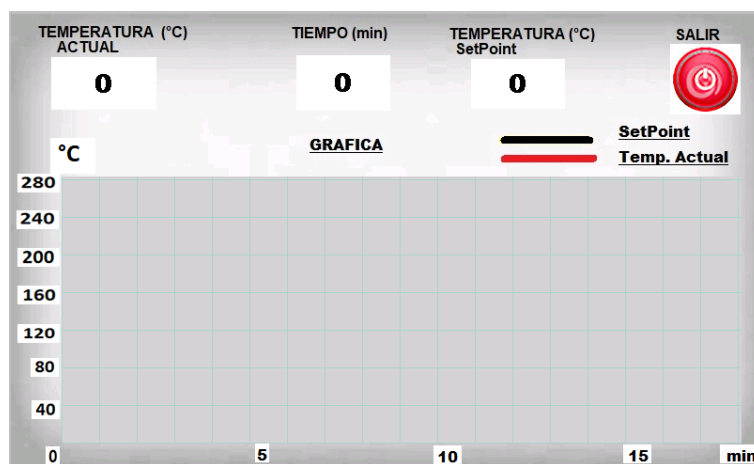


Figura 61: Curva I de Tostado

PROCESO MANUAL:

Si selecciona el proceso manual nuestro modulo trabajará de proceso en proceso permitirá seleccionar y trabajar en los siguientes procesos.

- PROCESOS DE COMPUERTAS CARGA Y DESCARGA DE CAFÉ.
- PROCESO DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL TOSTADO DE CAFÉ.
- PROCESO DE CONTROL DE ENFRIAMIENTO
- PROCESO DE PRE-CALENTAMIENTO

Si presiona el botón **INICIAR PROCESO** este presentara la siguiente pantalla **Figura 62**

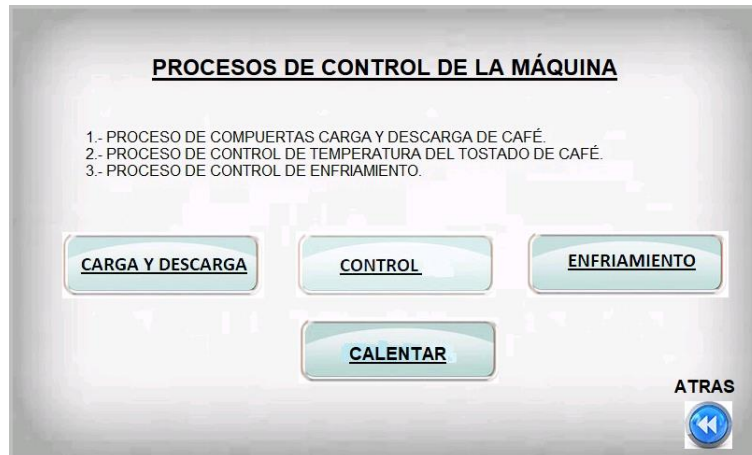


Figura 62: Procesos de Control de la Máquina

Si presiona el botón **CARGA Y DESCARGA** se desplegará la siguiente pantalla **Figura 63**.



Figura 63: Seleccionar compuerta

Aquí se debe elegir bien la compuerta de carga o la compuerta de descarga de café.

COMPUERTA DE CARGA:



Figura 64: Compuerta de Carga de Café

COMPUERTA DE DESCARGA:

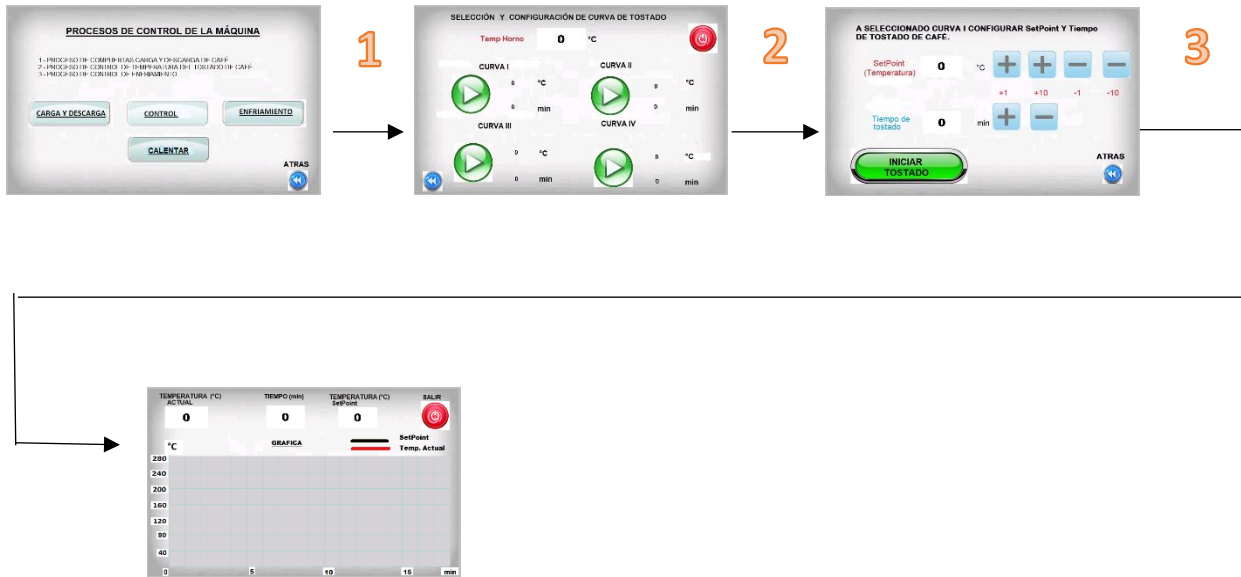


Figura 65: Compuerta de descarga de café

Si presiona el BOTÓN CONTROL se desplegará la pantalla selección y configuración curva

Figura 57. Aquí elegir una curva de trabajo la cual podría configurar en la pantalla siguiente

Figura 59.



1. Si presiona el botón de control se desplegará la pantalla selección y configuración de curva de tostado.
2. Si presiona el botón play se desplegará la pantalla configurar curva I
3. Y si presiona el botón INICIAR TOSTADO tendrá ya la pantalla de la curva I de tostado.

Si presiona el BOTON ENFRIAMIENTO se desplegará la siguiente pantalla.

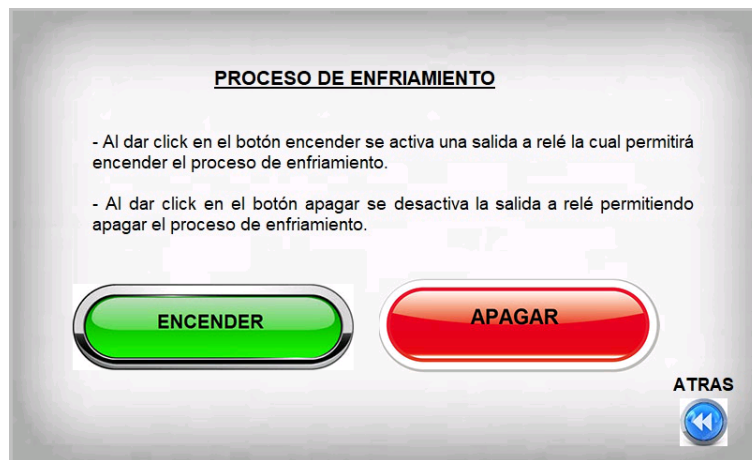
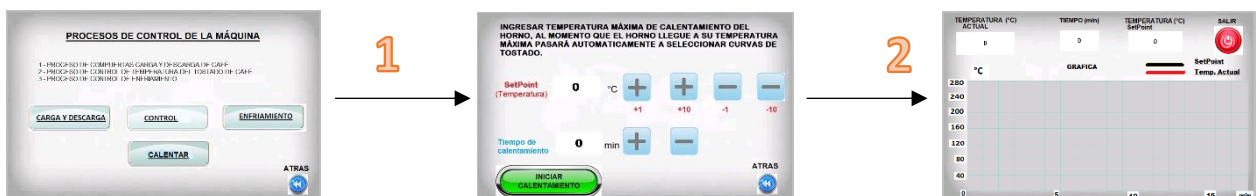


Figura 66: Proceso de Enfriamiento

Si presiona el BOTON CALENTAMIENTO se desplegará la pantalla configuración de calentamiento *Figura 53*, una vez configurado el SetPoint y el tiempo de calentamiento, presionar en el botón INICIAR CALENTAMIENTO donde se desplegará la curva de calentamiento.



Anexo 5. Convertidor analógico digital

Tabla 15. Conversión de datos analógico digital

# de bits del ADC	Resolución
4 bits	$15 \text{ voltios} / 15 = 1 \text{ Voltio}$
8 bits	$15 \text{ voltios} / 255 = 58.8 \text{ milivoltios}$
16 bits	$15 \text{ voltios} / 65536 = 0.23 \text{ milivoltios}$
32 bits	$15 \text{ voltios} / 4294967296 = 0.0000035 \text{ milivoltios}$

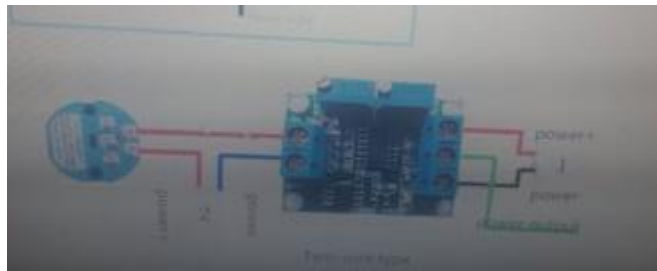


Figura 67: Conexión de transmisor y convertidor

Anexo 6. Montaje del módulo en la máquina



Figura 68: Montaje del módulo en la máquina tostadora de café

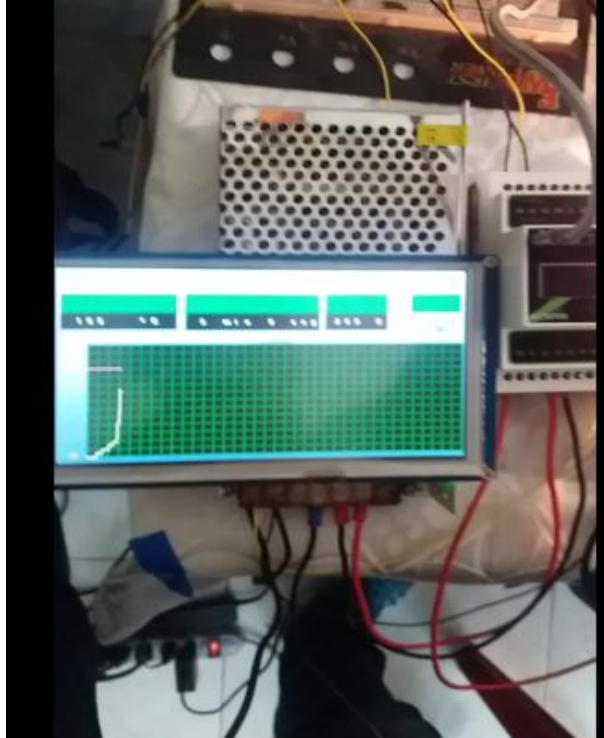


Figura 69: Pruebas de comunicación de la pantalla con el PLC

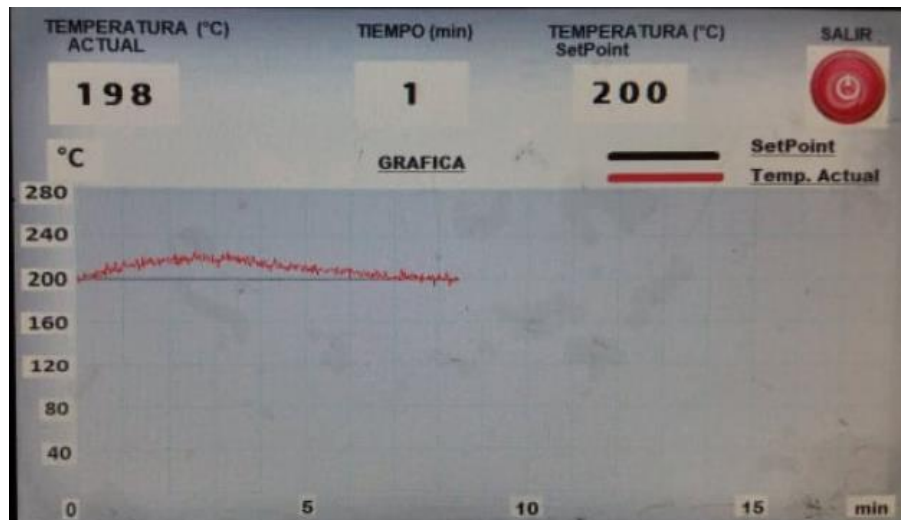


Figura 70: Sintonización de la PID

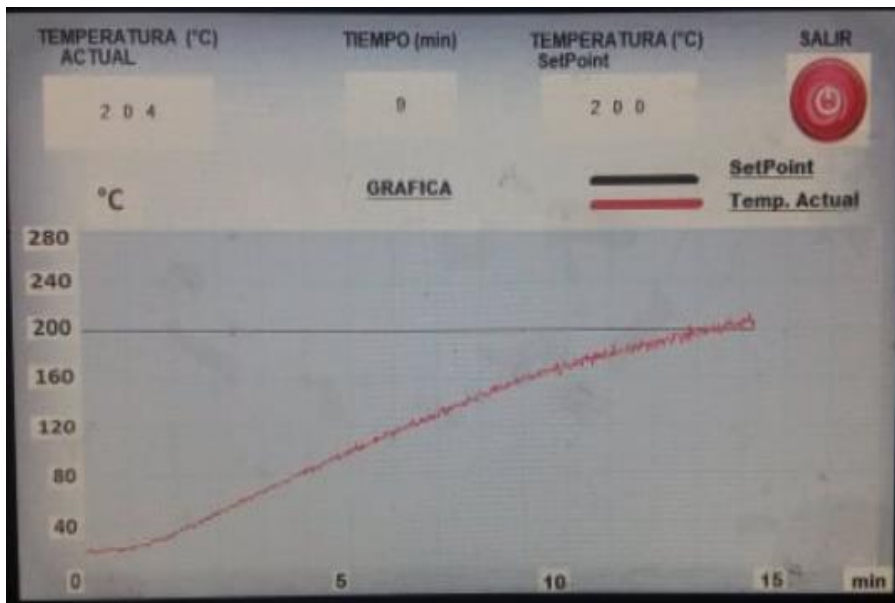


Figura 71: Curva de calentamiento



Figura 72: Curva de tostado de café a 220°C

Anexo 7. Norma ISA 101


	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD UEN PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD	Código: PE-90-ET-30-001
		Versión: 2
	Implementación de interfaces hombre-máquina para centrales de generación eléctrica	Página: 1/33
		Rige a partir de: 2011/08/22

Figura 73: Norma ISA 101: (ICE, 2011)

Anexo 8. Encuesta

Dirigida a: Sr. Manuel de la zona de Intag

Tema: Estudio de procesos de una máquina tostadora de café

Preguntas:

¿Problemas que tiene la máquina al ser manual?

- En el proceso de control de temperatura no se logra tener una temperatura estable y la dificultad para subir la temperatura rápidamente. Esto se debería también al paso de fluido de gas debido a que tiene un control manual.



Ilustración 1: Máquina tostadora

- Un proceso que de igual manera tendría mucha influencia sobre el proceso sería el enfriamiento del grano tostado esto se debe a que funciona con el mismo motor que trabaja en la parte de tueste.



Ilustración 2: Sistema de enfriamiento

- Control de tiempo de tueste sería de mucha utilidad debido que este proceso se lo realiza de forma manual observando muestras del estado del grano así mismo la mayoría de los cafeteros lo realizan este control escuchando el crack del grano esta es una ciencia que es de mucho cuidado debido que necesita una atención permanente.
- En si también los procesos de las cubiertas o compuertas de la máquina como lo es la de ingreso del grano a tostar y la de salida del grano tostado impone un trabajo muy riesgoso debido que la máquina está trabajando a una temperatura muy alta.



Ilustración 3: Tolva de ingreso de café

¿Cómo influiría un controlador en la máquina de tostar café?

Sería de gran utilidad debido a que algunos procesos que realiza la máquina no son tan eficientes y necesitan una dedicación permanente y constante debido a que tienden a fallar o a generar varios problemas con el tostado del café. Esto generaría un mayor control de tostado del café debido a que se le está aplicando un control a cada proceso que se los consideran esenciales para generar un café de calidad.

¿Qué le gustaría que haga el controlador?

En si sería una grande ayuda debida que se controlaría toda la máquina, me gustaría que se aplique en la parte de enfriamiento y control de temperatura debido a que estos procesos son de tomar muy en cuenta

Anexo 9. Análisis Financiero

<i>1 Modulo Fermuino CP04 mas cable de programación.</i>	<i>U</i>	<i>225.50</i>	<i>250.50</i>
<i>2 SSR (MS-VD2240B)</i>	<i>U</i>	<i>55</i>	<i>110</i>
<i>1 Pt 100 tipo K Transmisor (KH213) Convertidor de voltaje a corriente</i>	<i>U</i>	<i>325</i>	<i>325</i>
<i>1 Nextion NX8048T070 - Pantalla táctil LCD HMI TFT genérica de 7.0 "</i>	<i>U</i>	<i>155.20</i>	<i>155.20</i>
<i>Cable serial de comunicación Cable #20,#18,#10</i>	<i>M</i>	<i>20</i>	<i>20</i>
<i>20 tornillos cabeza cónica 1/8" x 3/4"</i>	<i>U</i>	<i>22.30</i>	<i>22.30</i>
<i>Caja de aluminio y sujeción de para la pantalla nextion</i>	<i>U</i>	<i>105</i>	<i>105</i>
<i>Otros gastos</i>	<i>U</i>	<i>150</i>	<i>150</i>
<i>3 Resistencias eléctricas (niquelinas)</i>	<i>U</i>	<i>83,50</i>	<i>250,50</i>
<i>5 Cable térmico</i>	<i>M</i>	<i>3.40</i>	<i>17</i>
<i>Fundas de protección de cable</i>	<i>U</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
<i>Ingeniería (horas de trabajo)</i>	<i>H</i>	<i>500</i>	<i>500</i>
<i>Costo total</i>			<i>1918,5</i>

Anexo 10. KH213 Transmisor de temperatura



Xiamen Kehao Automation Co., Ltd



Head Mounted Smart Temperature Transmitter
Item NO.: KH213

KEHAO INSTRUMENT



KEHAO INSTRUMENT

Head Mounted Smart Temperature Transmitter

Head mounted temperature transmitter is used for resistance thermometer (RTD), thermocouple (TC), Resistance transmitter, voltage (mV) signal input, two wire 4-20mA analog output, mounted inside transmitter (form B)

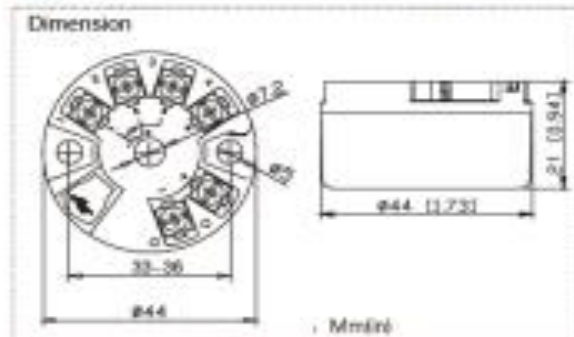
Function

- Transfer various kinds of input signal into 4-20mA output
- Input: RTD, Thermocouple
- Configuration by PC
- 2 kinds of resistance thermometer input (RTD)
- 8 kinds of thermocouple (TC)
- Built-in cold junction compensation



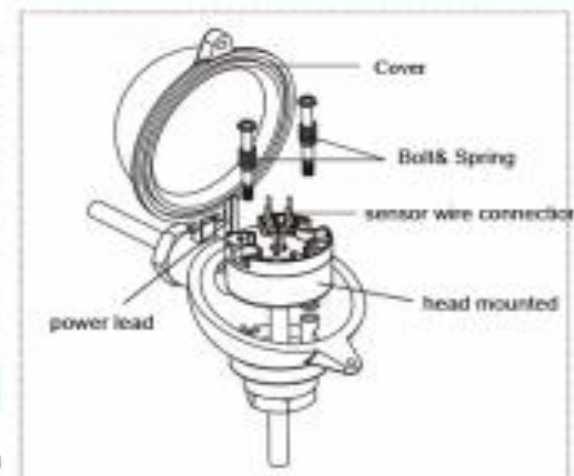
Smart Temperature Transmitter
(Not Isolated) KH213

Input		Dimension	
Model	Type	Measuring Range	Min Range
RTD	Pt100	-200 to 850°C	10K
	Cu50	-50 to 150°C	10K
TC	B	400 to 1820°C	500K
	E	-100 to 1000°C	50K
	J	-100 to 1200°C	50K
	K	-180 to 1372°C	50K
	N	-180 to 1300°C	50K
	R	-50 to 1760°C	500K
	S	-50 to 1760°C	500K
	T	-200 to 400°C	50K



Installation

Configuration

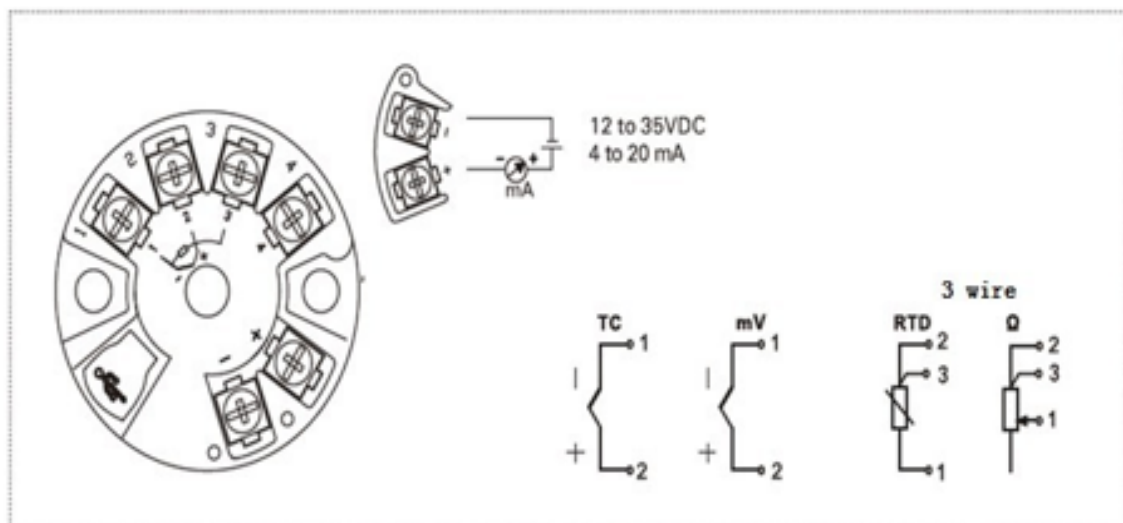


Technical Parameter

- Output Signal: 4-20mA
- Max Load: max. (V power supply-7.5V)/0.022A (current)
- Measurement: temp-linearity, resistance-linearity, voltage
- Circuit limit: $\leq 22\text{Ma}$
- Response time: $\leq 1\text{second}$
- Saturation current: Low side 3.9mA, high side 20.5mA

- Alarm current: sensor danger or sensor turnoff output is 3.9mA or 22mA (except TC)
- Accuracy: 0.1%FS
- Measuring accuracy is related to measuring rang
- Power supply: $U=12V$ to $40V$
- Working temperature: -40 to $85^{\circ}C$
- Storage temperature: -40 to $100^{\circ}C$
- Condensation: Allowable
- Protection: IP00; IP66 (mounted)
- Earthquake resistance: $4g/2$ to $150HZ$
- Voltage effect: can ignore
- Mounted angle: no limit
- Mount area: top of B type box

Wire Connection



Anexo 11. SSR MaxWell

MS-1VD38 MS-1VD22 Series

Analog input phase firing solid state relay



Features:

- Analog input phase firing solid state relay
- 0-10Vdc or 4-20mA input, specify input when you order
- Load amps, 10 – 120 amps
- Load voltage 24 – 380Vac
- Operation frequency 40 – 65Hz
- Panel mount
- All models with the same physical size
- Fast response and no noise
 - Black housing
 - Terminal type
 - Compact size
 - 0-10Vdc input or 4-20mA input
 - 220Vac load or 380Vac load optional

Technical Specifications

Ordering Information

MS-**1**-**2**-**3**-**4**

1. Type of solid state relay

1 Single phase solid state relay

2. Control mode

2D Analog input phase firing relay

3. Load voltage

22 24-280Vac 50/60Hz
28 24-380Vac 50/60Hz

4. Load amps

10 10 amps
25 25 amps
40 40 amps
60 60 amps
80 80 amps
100 100 amps
120 120 amps

5. Input configuration

0 0-10Vdc
C 4-20mA dc

eg. MS-1022240C, 4-20mA input, 40 amps 220Vac
 MS-1023825B, 0-10Vdc input, 25 amps, 380Vac

Guidelines on the selection and usage of this voltage regulator

- 1) Current rating, as a general rule consider using the relay at no more than 50% of its rated current for resistive load such as a heater, lamp etc.
- 2) **Heat sink** must always be installed together with the SSR regardless of the load amps, natural convection cooling might be sufficient in some cases depends on the site situation, hence air cooling must be taken into consideration under harsh conditions contact our sales team for more info)
- 3) Fast fuse must be installed in the system to protect overload on the SSR
- 4) Silicone rubber pad or silicon compound must be applied to the bottom of the SSR to help the heat radiator
- 5) Our SSR is 220Vac or 380Vac load type, This is suitable for 220Vac or 380Vac application
- 6) This item is mainly for resistive load, like heaters, lighting, or very small inductive loads like small fans

Technical Specifications

Electrical Specifications

Load voltage	24-380Vac or 24-380Vdc
Control input	0-10Vdc or 4-20mA
Off state leakage current	<12mA
Load options	60-120 amps
Dielectric strength	input/output base > 2500V rms
Isolation	input and output non-isolated

Mechanical and environmental specifications

Operating Temperature Range	-20 C-+60 C
Storage Temperature Range	-40 C-+100 C
Weight (g)	100g± 10g

Size and dimension



Packing information

Individual box for each pic
 10 pic in a secondary box
 200 pic per master carton

6. BIBLIOGRAFÍA

ACSIMB. (2018). Manual de usuario. *FERMUINO CP04*, 12.

Arturo Duque-Marín, J. A. (junio de 2017). *Auto-tuning of a PID controller implemented in a PLC using swarm intelligence*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612017000100035

Astrom, K. J. (2002). *PID Control*. Obtenido de

<https://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/astrom-ch6.pdf>

Belt, Q. G. (10 de 11 de 2018). *QFD ONLINE*. Obtenido de <http://www.qfdonline.com/>

BuscoCafé. (s.f.). *Montar planta de Torrefacción de café*. Obtenido de

https://buscocafe.com/articulo/montar_planta_de_torrefaccion_de_café_908.php

BuscoCafé. (s.f.). *tostadoras de café industrial*. Obtenido de Tostadora de café TKMX-60:

https://buscocafe.com/articulo/tostadora_de_cafá_tkm-x_60_chrome_878.php?cookiesOK=S

Certificacion, A. E. (2003). *Bases del cálculo de Estructuras*. Madrid: AENOR.

CRN TECNOÁRT, S. (s.f.). *CONVERTIDORES Y TRANSMISORES DE SEÑAL*. Obtenido

de http://www.crntecnopart.com/images/pdf/ESP/conve_es.pdf

Cruz, F. A. (2011). *DISEÑO DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS*. Peru.

Damir Vrancie, Y. P. (s.f.). *A NEW SIMPLE AUTO-TUNING METHOD FOR PID*

CONTROLLERS. Obtenido de 1997

- DcScaf. (06 de abril de 2017). *TOSTADORA TN-30 PLUS*. Obtenido de https://www.agrinpex.com/recurso/productod_572_1562.pdf
- DISAI Automatic Systems. (s.f.). *Reles de estado solidos (SSR)*. Obtenido de <http://www.disai.net/producto/reles-de-estado-solido-ssr/>
- Endev. (s.f.). *Catalogo de maquinaria para procesamiento de café*. Obtenido de https://energypedia.info/images/d/d1/Cat%C3%A1logo_Caf%C3%A9.pdf
- Eugenio Tacconi, R. M. (2005). *Controladores basados en estrategias PID*. Tania Salazar y Ana Roquez.
- González-Salazar, C. A., Uribe, J. R., & E, C. (2010). *CONTROL DE CAUDAL Y TEMPERATURA DE AIRE EN EL SECADO MECÁNICO DE CAFÉ*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061%2804%29281-296.pdf>
- industriales, L. d. (Junio de 2007). *SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA*. Obtenido de <http://www.esi2.us.es/~fcuesta/tempLCPI.pdf>
- Josell7. (20 de Enero de 2010). *Vikidia*. Obtenido de es.wikidia.org: https://es.wikidia.org/wiki/Estado_de_la_materia
- L.Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquina. En R. L.Mott, *Diseño de Elementos de Máquina*. Mexico: Pearson Educación.
- makerspace, z. (s.f.). *MVC Nextion - Introducción a Nextion Editor*. Obtenido de <https://zaragozmakerspace.com/index.php/lessons/mvc-nextion-introduccion-a-nextion-editor/>

- Mora, R. A. (2017). *Estudio del proceso de torrefacción del café (Coffea arabica) en tostador convencional*. Costa Rica: Tesis.
- MORALES, W. F. (2017). *Diseño e implementación de un controlador automático para tostación del café en pequeña y media producción*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16156/44962023.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- MOYA BEJARANO, C. P. (2016). *Diseño de un dosificador semiautomático por tornillo sin fin para Uchu Jacu en la Organización Unopac de la Parroquia Ayora del Cantón Cayambe*. Ibarra.
- Nextion. (2018). *Nextion Enhanced HMI Display*. Obtenido de <https://nextion.itead.cc/>
- Picuino. (2013). *Controladores PID*. Picuino.
- PROMETEC. (s.f.). *Como ajustar los PIDs*. Obtenido de <https://www.prometec.net/ajuste-de-pids/#>
- Régula Chávez-Malgiaritta, Grupo Innovadores Cafeteros del Sur. (2016). *Manual de Tueste de Café*. Loja: Swisscontact / MIPRO .
- SALAZAR, R. A. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ROTATORIO DE FLUJO CONSTANTE PARA SECADO DE CACAO UTILIZANDO TRANSFERENCIA DE CALOR CONVECCIÓN Y CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10436/1/UPS-GT001528.pdf>

Spadaro, J. (2016). *Printspace3D*. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de

<https://www.printspace3d.com/cartesian-vs-delta-printers-work/>

Ecuador, S. (1 de Enero de 2019). *Módulo Lógico Programable LOGO!* Obtenido de <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Cap5.Automatizaci%C3%B3n%20Siemens.pdf>

Termocuplas. (2003). Obtenido de [http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/Clasify/Termocuplas.htm)

[04/0.Sens_Temp/Clasify/Termocuplas.htm](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/Clasify/Termocuplas.htm)

TIPÁN, L. C., & MANTILLA, F. J. (mayo de 2009). *Diseño y construcción de una*

tostadora continua de cebada. Obtenido de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1745/1/CD-2350.pdf>

Torres, E. M. (2006). *Diseño y construcción de un prototipo con sistema SCADA aplicado*

al control de microclima y dosificación del producto almacenado en silos. Quito:

Universidad Politecnica Salesiana.

TRADER, G. (2017). *KH213-TRANSMISOR DE TEMPERATURA INTELIGENTE*

MONTADO EN LA CABEZA. Obtenido de [http://www.gks789.in/product/kh213-](http://www.gks789.in/product/kh213-head-mounted-smart-temperature-transmitter)

[head-mounted-smart-temperature-transmitter](http://www.gks789.in/product/kh213-head-mounted-smart-temperature-transmitter)

Logic, Z. (Septiembre de 2017). *Modulo logic*. Obtenido de Manual de usuario:

https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000002693.01.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000002693

XINJE, X.-1.-C. (s.f.). *XC Series Programmable Controller*. Obtenido de User Manual:

https://www.viaindustrial.com/manuales_pdf/Manual%20Ingles%20Controladores

%20logicos%20programables%20PLC%20baja%20gama%20no%20expandibles%
20entradas%20digitales%20XC3-14R-C%20XINJE.pdf

Yacuzzi, E. (10 de Diciembre de 2018). *QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS
DESARROLLOS*. Obtenido de Univercidad del CEMA:

<https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>

Yong, A. (2004). EL CULTIVO DEL ROSAL Y SU PROPAGACIÓN. *Cultivos
Tropicales* , 53-67.