



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DEL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS-ESPOCH”

Trabajo de titulación
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

AUTOR: JHONNY FERNANDO ROSAS RODRÍGUEZ

DIRECTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba-Ecuador

2022

© 2022, Jhonny Fernando Rosas Rodríguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhonny Fernando Rosas Rodríguez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 11 de marzo de 2022

Jhonny Fernando Rosas Rodríguez

060385838-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DEL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS-ESPOCH”**, realizado por el señor: **JHONNY FERNANDO ROSAS RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	__11-03-2022__
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	__11-03-2022__
Ing. Jorge Hernández Ambato. Ph.D. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	__11-03-2022__

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado a mis padres Eloy Rosas y Elsa Rodríguez, a mis hermanas Paola y Belén Rosas, a mi señora Yesenia Campaña y a mi dulce hijita Laura Fernanda Rosas. Adicionalmente a mi pequeña Jossy, a mis sobrinos Emmanuel, Julián, Edu, Pato y Nicolás por recordarme que hay bastantes que miran con atención mis pasos y a mis cuñados que de una u otra forma me han enseñado varias lecciones de vida.

Jhonny

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios y La Dolorosa, por haberme bendecido con la familia que tengo y por haberme cruzado con todas las personas que he tenido la oportunidad de compartir algún momento de mi vida. A mis padres y hermanas por haberme apoyado y comprendido en cada obstáculo. A Yessenia y Jossy, por haberme regalado fortaleza para continuar con brío este paso en mi carrera, por haberme brindado su amor. Agradezco a los ingenieros Edwin Altamirano, Jorge Hernández y Carla Haro por todo el apoyo, la paciencia y sobre todo por su confianza. A mis amigos Andrés, Cristian, Darío, Eduardo, Edwin, Jhonny, Marvin, Mishel y Soraya por haberme brindado su ayuda y palabras de ánimo. ¡Un abrazo fraterno a todos ustedes!

Agradezco a la vida por haberme brindado la dicha de ser padre, por poder compartir con mi Laura Fernanda.

Jhonny

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
1.4.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Estado del arte.....	5
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1 <i>Aceites esenciales.....</i>	<i>6</i>
2.2.2.1 <i>Aceite esencial Eucalipto.....</i>	<i>7</i>
2.2.2.2 <i>Aceite esencial de Romero.....</i>	<i>8</i>
2.2.2.3 <i>Aceite esencial de Hierbaluisa.....</i>	<i>9</i>
2.2.2 <i>Extracción de aceites esenciales.....</i>	<i>9</i>
2.2.2.1 <i>Métodos de extracción de aceites esenciales.....</i>	<i>10</i>
2.2.2.2 <i>Método de Enfleurage.....</i>	<i>10</i>
2.2.2.3 <i>Extracción por solventes.....</i>	<i>11</i>
2.2.2.4 <i>Extracción con fluidos supercríticos.....</i>	<i>11</i>

2.2.2.5	<i>Extracción por arrastre de vapor</i>	12
2.2.2.6	<i>Extracción por método Clevenger</i>	13
2.2.2.7	<i>Pasos para generar la extracción de aceites esenciales</i>	14
2.2.2.8	<i>Destilación</i>	14
2.2.2.9	<i>Condensación</i>	15
2.3	Sistemas de control	16
2.3.1	<i>Sistemas a lazo abierto</i>	16
2.3.2	<i>Sistemas a lazo cerrado</i>	17
2.4	Autómatas programables	17
2.4.1	<i>PLC Logo V8</i>	18
2.4.2	<i>Logo TDE</i>	19
2.5	Sensores	19
2.5.1	<i>Sensores de temperatura</i>	19
 CAPÍTULO III		
3	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1	Investigación científica	22
3.2	Método experimental	23
3.3	Método de investigación aplicada	23
3.4	Cronograma de actividades	23
3.5	Desarrollo del sistema	24
3.5.1	<i>Requerimientos en Hardware del sistema de calefacción para la extracción de aceites</i>	24
3.5.2	<i>Esquema general del sistema de control para la extracción de aceites esenciales</i>	25
3.5.3	<i>Descripción de los elementos y dispositivos del sistema</i>	27
3.6	Esquema electrónico de la calefacción para la extracción de aceites	31
3.7	Requisitos del software	31
3.7.1	<i>SOFTWARE LOGO</i>	32
3.7.2	<i>Diagramas de flujo para la programación del proyecto</i>	32

3.8	Cálculos para obtener el valor de la resistencia del calefactor	35
3.9	Datos experimentales para obtener la función de transferencia.	38
3.10	Linealización de sensores	41
<i>3.10.1</i>	<i>Linealización del sensor de temperatura</i>	<i>41</i>
3.11	Implementación del sistema	42
<i>3.11.1</i>	<i>Colocación de la resistencia térmica.....</i>	<i>43</i>
<i>3.11.2</i>	<i>Acople del sensor de temperatura en la tapa del extractor</i>	<i>44</i>
<i>3.11.3</i>	<i>Acople de los sensores de nivel</i>	<i>44</i>
<i>3.11.4</i>	<i>Acople de los sensores de humedad</i>	<i>45</i>
<i>3.11.5</i>	<i>Implementación de elementos de control.....</i>	<i>46</i>
<i>3.11.6</i>	<i>Programación de LOGO y Pantalla TDE</i>	<i>48</i>
<i>3.11.7</i>	<i>Puesta en marcha de sistema</i>	<i>51</i>
CAPÍTULO IV		
4	Análisis y resultados.....	51
4.1	Funcionamiento del sistema	52
4.2	Pruebas De Temperatura De La Resistencia.....	52
4.3	Pruebas de funcionamiento sensores de nivel.....	58
4.4	Comparación de tiempo entre el calefactor a gas y el eléctrico implementado.	60
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES.....		62
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Tipos de investigación.....	22
Tabla 2-3:	Cronograma de actividades empleadas en el sistema	23
Tabla 3-3:	Características de Logo V8.....	27
Tabla 4-3:	Características de PT100	28
Tabla 5-3:	Características de Logo TDE	29
Tabla 6-3:	Características del sensor de humedad	30
Tabla 7-3:	Características del sensor de nivel	30
Tabla 8-3:	Resultados de experimentación con calentador a gas.....	35
Tabla 9-3:	Valores experimentales para pruebas	41
Tabla 1-4:	Set point de temperatura	53
Tabla 2-4:	Mediciones eléctricas	56
Tabla 3-4:	Recopilación de datos de voltaje y corriente	58
Tabla 4-4:	Comparación de tiempos entre sistemas de calefacción	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Aceites esenciales	6
Figura 2-2:	Planta de Eucalipto	7
Figura 3-2:	Planta de Romero.....	8
Figura 4-2:	Aceite de Hierbaluisa.....	9
Figura 5-2:	Extracción de aceites	10
Figura 6-2:	Método de Enfleurage.....	10
Figura 7-2:	Proceso de extracción por solventes	11
Figura 8-2:	Proceso de extracción por fluido supercrítico	12
Figura 9-2:	Extracción por arrastre de vapor.....	13
Figura 10-2:	Método de Clevenger.....	14
Figura 11-2:	Destilación simple de mezclas.....	15
Figura 12-2:	Proceso de condensación.....	15
Figura 13-2:	Sistemas de control industrial.....	16
Figura 14-2:	Sistemas de lazo abierto.....	17
Figura 15-2:	Sistema de lazo cerrado.....	17
Figura 16-2:	Controlador lógico programable.....	18
Figura 17-2:	PLC Logo V8	18
Figura 18-2:	Logo TED	19
Figura 19-2:	Sensores RTD.....	20
Figura 20-2:	Termistores NTC y PTC	21
Figura 21-2:	Sensor infrarrojo de temperatura	21
Figura 1-3:	Esquema general del sistema de extracción de aceites esenciales	25
Figura 2-3:	Sistema a lazo cerrado de temperatura.....	26
Figura 3-3:	Autómata Logo V8	27
Figura 4-3:	PT100.....	28
Figura 5-3:	Logo TDE	29
Figura 6-3:	Sensor de humedad HRT2402.....	29
Figura 7-3:	Sensor de nivel líquido.....	30
Figura 8-3:	Diagrama electrónico del sistema	31
Figura 9-3:	Pantalla principal de LOGO Soft Comfort V8.3	32
Figura 10-3:	Diagrama de flujo lectura de sensores	33
Figura 11-3:	Diagrama para proceso de la temperatura	34
Figura 12-3:	Calculadora para la resistencia térmica.....	37
Figura 13-3:	Parámetros dentro de un sistema de primer orden	39

Figura 14-3:	Entrada del escalón unitario en el sistema.....	40
Figura 15-3:	Linealización del sensor PT100.....	42
Figura 16-3:	Extractor de aceites esenciales	43
Figura 17-3:	Prueba de encendido de la resistencia tubular	43
Figura 18-3:	Acople de sensor de temperatura.....	44
Figura 19-3:	Ubicación de sensores de nivel.....	45
Figura 20-3:	Sensor de humedad	45
Figura 21-3:	Montaje de los elementos dentro del gabinete	46
Figura 22-3:	Montaje y fijación de elementos en el gabinete.....	47
Figura 23-3:	Cableado del tablero y sus componentes.....	47
Figura 24-3:	Visualización del tablero por afuera	48
Figura 25-3:	Programación de Logo por medio de diagramas de bloques	49
Figura 26-3:	Programación de mensajes de texto.....	49
Figura 27-3:	Cambio de color de pantalla	50
Figura 28-3:	Subir la programación a LOGO.....	50
Figura 29-3:	Puesta en marcha del sistema	51
Figura 1-4:	Prueba de temperatura con el set point	53
Figura 2-4:	Medición de corriente en resistencias	57
Figura 3-4:	Consumo de corriente del sistema	57
Figura 4-4:	Aviso de pantalla en color rojo.....	58
Figura 5-4:	Mensaje de color ámbar	59
Figura 6-4:	Mensaje de texto del sistema operando.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Datasheet de autómata LOGO! V8

Anexo B. Datasheet HMI LOGO! TDE

Anexo C Datasheet de sensor de temperatura Pt100

Anexo D Plano eléctrico del sistema

Anexo E Manual de operación de la planta de extracción de aceites esenciales

RESUMEN

El objetivo de este proyecto de titulación fue el diseño e implementación de un sistema de control del equipo de extracción de aceites esenciales del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias. Para llevar a cabo el presente trabajo de titulación, se utilizaron las siguientes metodologías, científico, experimental y aplicativo. En la primera, se indagó en artículos científicos y tesis realizadas para obtener información relevante que ayude a ser la base sólida para la implementación del sistema. Con la segunda se analizó las variables de interés para las pruebas pertinentes y garantizar que el sistema es óptimo para la extracción de aceites esenciales. Y con la tercera se busca la aplicación real en un escenario con condiciones normales donde el personal está constantemente trabajando en el laboratorio de Ciencias. Se realizó un esquema general del sistema de calefacción mediante resistencias internas que calentarán al líquido hasta el punto de ebullición, controlado por sensores y un Controlador Lógico Programable (PLC), mismo que acciona distintas salidas de control y genera mensajes en una interfaz Humano-Máquina (HMI). Mediante la técnica de la repetibilidad se ha demostrado que el sistema es estable por sus respuestas menores al 10%, lo cual indica que el proceso se ha realizado con éxito y que es óptimo el uso del nuevo calefactor mediante resistencias internas y el control de manera industrial. Se concluye que el sistema implementado para la extracción de aceites esenciales del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias – ESPOCH, ha disminuido el tiempo de trabajo en el proceso, de más de 3 horas a 2 horas. Se podría mejorar el sistema con un control remoto para que todo el personal pueda ir verificando el proceso desde la distancia, y no necesariamente estar en el laboratorio todo el tiempo que dure la extracción.

Palabras clave: <AUTOMATIZACIÓN>, <EXTRACCIÓN DE ACEITES>, <RESISTENCIA TÉRMICA>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <CALEFACCIÓN>, <VAPOR>, <CONDENSACIÓN>



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



0467-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The objective of this degree project was the design and implementation of a control system on the equipment of essential oil extraction at the Laboratory of Industrial Processes of the Science Faculty. To carry out the present work, the scientific, experimental, and applicative methodologies were used. In the former, it was investigated scientific articles and theses that led to the obtention of relevant information that helps to get the robust basis for system implementation. With the second, the variables of interest were analyzed to the relevant tests and so guarantee that the system is optimal for the extraction of essential oils. And with the third, the real application is sought in a scenario with normal conditions, where the staff is constantly working in the science lab. It was carried out a general diagram of the heating system by means of internal resistances that will heat the liquid up to the boiling point, controlled by sensors and a Programmable Logic Controller (PLC), which activates different control outputs and generates messages in a Human-Machine Interface (HMI). Using the repeatability technique, it has been shown that the system is stable due to its responses lower than 10%, which indicates that the process has been carried out successfully and that the use of the new heater by means of internal resistances and industrial control is optimal. It is concluded that the system implemented for the extraction of essential oils from the Laboratory of Industrial Processes of the Faculty of Sciences - ESPOCH, has reduced its working time in the process from more than 3 hours to 2 hours. The system could be improved with a remote control so that all the personnel can verify the process from the distance, and not necessarily being in the laboratory for the entire duration of the extraction.

Keywords: <AUTOMATION>, <OIL EXTRACTION>, <THERMAL RESISTANCE>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <HEATING>, <STEAM>, <CONDENSATION>



Firmado electrónicamente por:

**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los aceites esenciales son fluidos volátiles, en general de característica olorosa, que se encuentran en ciertas plantas o partes específicas de las plantas, y se recuperan mediante procedimientos aceptados, de modo que la naturaleza y composición del producto, en la medida de lo posible, no se modifican mediante dichos procedimientos. (Kabuba y Huberts 2009)

Los metabolitos primarios (proteínas, lípidos, azúcares, etc) en las plantas son vitales para que la planta crezca, se multiplique y viva, mientras que para que ella sobreviva se necesitan de metabolitos secundarios. Estos últimos son moléculas de bajo y mediano peso molecular, generados en la planta por varias rutas biosintéticas; pertenecen a diferentes clases de sustancias químicas, alcoholes, ácidos, ésteres, fenoles, entre muchas otras. (Stashenko et al. 2008)

Entre muchos metabolitos secundarios aislados de las plantas, se destacan algunos, muy especiales, de amplio uso en diversas ramas de la industria, medicina y en muchos productos empleados en la vida cotidiana. Esta clase de sustancias recibe el nombre de aceite esencial. Lo que más caracteriza y destaca es su olor, generalmente agradable, intenso, que evoca la fragancia de la planta, o de la fruta o de la madera, de la cual proviene. (Stashenko et al. 2008)

La destilación en corriente de vapor ha sido y es uno de los métodos más comunes para la extracción de aceites esenciales de plantas. Se trata de un proceso de separación por el que, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan selectivamente los componentes volátiles de la materia prima. (Villaverde 2018)

1.2 Planteamiento del problema

El dispositivo está diseñado para controlar en tiempo real los procesos, además de que brinda control preciso, velocidad de respuesta rápida, fácil instalación y mantenimiento, para entornos industriales con menos consumo de energía; establecidos para el control de procesos secuenciales, es decir, procesos compuestos de varias etapas consecutivas con la finalidad de lograr que una máquina o cualquier otro tipo de dispositivo funcione de manera automática (Carrillo Calderón & Cushquicullma Colcha, 2016).

Al usar una interfaz hombre-máquina (HMI), facilitamos que el usuario se mantenga seguro mientras la extracción de aceites esenciales está en proceso, con un constante monitoreo, para lo que se usará sensores de nivel, temperatura, y actuadores que ejecutarán acciones de acuerdo a las señales que los sensores lean.

La mejora de este proyecto al automatizarlo permitirá que el operario del sistema, en este caso estudiantes de la Facultad de Ciencias, manipule el sistema con seguridad evitando riesgos de quemaduras, fallas en el proceso por descuido, control más eficiente, entre otros.

Para considerar la implementación de un sistema de enfriamiento para el equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor del Laboratorio de Procesos Industriales, de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo el trabajo se inició con un análisis global del equipo de extracción de aceites esenciales para lo cual se realizará el reconocimiento del funcionamiento y condiciones actuales del equipo, y se llegará a identificar que los problemas del extractor de aceites ocasionan por el deficiente enfriamiento en la zona de condensación. Se recomienda automatizar su respectivo procedimiento para una mayor facilidad de uso y verificación del proceso que se lleva a cabo. (Paucar & Orta, 2018)

La implementación y diseño del sistema se debe realizar acorde a las especificaciones expuestas por el técnico del laboratorio de operaciones unitarias. Para lo cual es necesario: retirar el quemador a gas y reemplazarlo por una resistencia eléctrica, realizar el control y visualización de temperatura para los sensores ubicados en el primer plato de la torre y en el deflemador, regular el tiempo del proceso y coordinarse con alarmas de alerta de inicio, finalización o errores del sistema.

Los sistemas de extracción de aceites esenciales presentes en el mercado no realizan un trabajo completamente autónomo, por lo que los operarios deben encontrarse presentes en ciertas etapas del proceso para su correcto funcionamiento, por lo que se plantea realizar el siguiente trabajo de investigación como una necesidad del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

El diseño del sistema abarcará: El cálculo de la resistencia para el sistema, a partir de la potencia requerida, tiempo aproximado de funcionamiento, también es necesario calcular el circuito detector de cruce por cero para el control de la resistencia eléctrica.

1.3 Justificación

Para satisfacer las necesidades que presenta el proceso de extracción de aceites esenciales, desde la etapa de llenado de agua en el tanque hasta la etapa de enfriamiento, se propone implementar las soluciones que se detallarán a continuación.

Al activar el sistema, el controlador inicia su trabajo con la activación de una electroválvula que permitirá la circulación del líquido que en este caso es agua, a la cual se llevará a su estado de ebullición para que poder ejecutar el proceso de extracción de la esencia de la materia prima.

Cuando el tanque tiene la cantidad suficiente de agua, el controlador desactiva la válvula de llenado. Para poder medir el volumen de agua encontrado en el tanque, se insertarán dos sensores de nivel, los cuales realizan una tarea ON/OFF. Estos sensores determinarán la activación y desactivación de etapas dentro del proceso de extracción de aceites esenciales mediante la detección de niveles mínimos y máximos de agua que deben existir en el tanque.

Cuando el sensor de nivel máximo se active, se cerrará la electroválvula y esperará la señal de confirmación por parte del operario que el tanque se ha cerrado correctamente para que la resistencia térmica se active y empiece a calentar el agua. En el proceso de calentamiento el agua llega hasta su punto de ebullición. El vapor de agua rompe las moléculas que se encuentran en las paredes de la materia prima y genera un compuesto volátil o aceite esencial.

El vapor que arrastra las moléculas de la materia prima, llega hasta un tubo que lleva una inclinación hacia el recipiente que recibirá el aceite esencial, el cual por medio de un sistema de enfriamiento condensa el vapor generado y permite la precipitación del aceite al recipiente. Esta etapa requiere el accionamiento inmediato del enfriador al sentir la presencia de vapor en el tubo condensador, o al tener la primera gota de aceite en el recipiente, por lo que su manejo debe ser preciso, para lo cual se pretende realizar el control por medio de un PLC:

Después de un tiempo de recolección del aceite el sensor de nivel bajo de agua en el tanque que produce el arrastre de la materia prima se activará al notar un nivel mínimo de agua, mismo que debe poseer unos cuatro litros de líquido por seguridad de toda la planta. Al cambiar de estado de este sensor, el controlador desactiva la resistencia térmica y posterior el sistema de enfriamiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control del equipo de extracción de aceites esenciales del laboratorio de procesos industriales de la facultad de Ciencias - ESPOCH.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar sobre los diferentes métodos de control de los procesos de extracción de aceites esenciales por medio de arrastre de vapor.
- Establecer las necesidades que el sistema de control requiera solventar para el proceso de extracción de aceites esenciales por medio de arrastre de vapor.
- Realizar un diseño que proponga satisfacer requerimientos técnicos y operativos establecidos para el sistema de control.
- Implementar el sistema de control del proceso de extracción de aceites esenciales de acuerdo con los requisitos software y hardware seleccionados.
- Verificar si los resultados obtenidos en el producto final de tres diferentes muestras cumplen con las soluciones propuestas para el sistema de extracción de aceites esenciales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se describe los diferentes tipos de aceites esenciales y su extracción. Se define conceptos básicos sobre los sistemas de control, autómatas programables y sensores.

2.1 Estado del arte

Los aceites esenciales han formado parte de los seres humanos desde las civilizaciones más antiguas y su uso ha trascendido hasta la fecha actual. En épocas antiguas se utilizaba como parte de rituales de las diferentes culturas, de manera terapéutica, o como parte fundamental de los baños de los estratos altos de las diferentes sociedades a lo largo de la historia. Las evoluciones del mundo en los siglos de revolución industrial han permitido desarrollar diferentes métodos para la obtención de dichos materiales. (Villaverde 2018)

El comercio a nivel global de aceites esenciales ha crecido considerablemente y esto ha obligado a que se produzca mayor interés por una parte de la comunidad científica, que pretende encontrar diferentes métodos más innovadores y que produzcan menos riesgo al medio ambiente para obtener este bienpreciado. Tal es el caso de la Hidrodestilación, la extracción de aceites esenciales asistida por ultrasonido, la Hidrodestilación asistida por microondas, entre otras. (Rassem, Nour y Yunus 2016)

Las bases de las técnicas de extracción de aceites esenciales empiezan en la zona oriental del planeta, específicamente en las antiguas culturas de Egipto, Persia e India. Sin embargo, en Occidente se ha conseguido un máximo aprovechamiento de la extracción de estas sustancias. En la actualidad, se puede encontrar la participación de los aceites esenciales en campos como la perfumería, productos de limpieza del hogar o limpieza cutánea, medicinas naturales, esencias de baños, aromatizantes y muchos productos más. (Kabuba y Huberts 2009)

Una de las soluciones que han facilitado la obtención de aceites esenciales ha sido el método de extracción de aceites esenciales por medio de arrastre de vapor. Debido a que esta técnica permite

la facilidad de obtención de dicho bien. Se consigue el objetivo a menor temperatura ya que la temperatura de ebullición de un aceite esencial es hasta mayor que la ebullición del agua, sin embargo, al utilizar el vapor de agua rompe la estructura de la materia prima permitiendo separar el aceite esencial. (Villaverde 2018)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son conocidos como productos vegetales de tipo natural con distintas propiedades como el aroma en sustancias importantes en las industrias de alimentos, cosméticos y farmacéuticos. Normalmente se van formando en las zonas verdes de las plantas y durante su crecimiento son llevados posteriormente al brote de la flor. Estás son sustancias con compuestos alifáticos mismo que poseen un bajo peso molecular. (Acán Asitimbay y Pilataxi Chuqui 2015)

Dentro de todos los aromas que se pueden obtener, la mayoría generan un aroma agradable y atractivo mientras que algunos casos como la cebolla su aroma es más azufrado, mismo que se puede percibir como algo más desagradable. Todos los aromas extraídos de estos aceites ionizan el medio ambiente trayendo una sensación de equilibrio y purificación en la atmosfera. Generan un balance real en todos los sentidos complaciendo con fragancias nutritivas con un contacto real con la naturaleza, como se muestra en la Figura 1-2. (Acán Asitimbay y Pilataxi Chuqui 2015)



Figura 1-2: Aceites esenciales

Fuente: (Acán Asitimbay y Pilataxi Chuqui 2015)

Los aceites se pueden clasificar en naturales, sintéticos y artificiales. Los primeros se obtienen de la planta sin modificaciones físicas, pero son costosas por su bajo rendimiento. Los aceites sintéticos se obtienen por la combinación de ciertos componentes de síntesis química siendo las más económicas. Los aceites artificiales son enriquecidos con la esencia y otros componentes. Los aceites son usados en adhesivos, limpiadores, polímeros, insecticidas, repelentes, bebidas, artículos de baño, textiles, etc. (Acán Asitimbay y Pilataxi Chuqui 2015)

2.2.2.1 *Aceite esencial Eucalipto*

El árbol de eucalipto es de color verde que puede superar 100m de altura, de tronco liso, color ceniciento, la corteza se va desprendiendo con la vejez en forma de tiras longitudinales, posee grandes hojas, su fruto es ligeramente mayor que su flor y se puede abrir hasta en 5 dientes. El uso del aceite esencial del eucalipto tiene una importante acción antiséptica en las vías respiratorias. Convirtiéndose en las mejores para las afecciones pulmonares y bronquiales. La figura 2-2 nos presenta la flor, el fruto y unas hojas pertenecientes al árbol de eucalipto. (Punina y Chicaiza 2010)



Figura 2-2: Planta de Eucalipto

Fuente: (Punina y Chicaiza 2010)

Para la extracción del aceite se utiliza las hojas adultas y sus frutos. Usado también como aceite balsámico, expectorante, mucolítico y sudorífico. De forma externa también es utilizado como

antiinflamatorio y cicatrizante en heridas recientes o mal cicatrizadas. Lo versátil de tener este tipo de esencia es su fácil adquisición del producto puesto que está plantado en todo el mundo y su fácil crecimiento en zonas húmedas. (Punina y Chicaiza 2010)

2.2.2.2 *Aceite esencial de Romero*

Este tipo de aceite es usado mayormente en la aromaterapia, se puede encontrar en la mayoría de lugares donde venden productos naturales, farmacias y tiendas cosméticas. Este aceite es muy potente porque posee varios componentes que ayudan a innumerables problemas corporales y su uso debe ser cuidadoso, caso contrario puede convertirse en peligroso. La figura 3-2 muestra un ejemplo de la planta de romero. (Editorial 2019)



Figura 3-2: Planta de Romero

Fuente: (Editorial 2019)

Mientras más caluroso sea el ambiente donde crece, más intenso llegará a ser el aroma de la planta. Muy similar al eucalipto, su fragancia es intensa, alcanforado y fresco. Alivia dolores musculares, usado como estimulante de la mente, en problemas de la piel, para problemas circulatorios y en cuidados para el cabello. (Editorial 2019)

2.2.2.3 *Aceite esencial de Hierbaluisa*

Es un árbol con un aroma similar al del limón, pudiese medir aproximadamente 3 metros de altura y puede ser muy beneficiosa puesto que puede ser usada en la medicina natural. Su aceite se extrae de las hojas y de su tallo. Es un excelente calmante, antiséptico, digestiva, desintoxicante es usada para la elaboración de perfumes en la línea cosmética. El aceite de hierbaluisa, que se muestra en la figura 4-2, es visto como uno de los aceites más valiosos puesto que se necesita aproximadamente 7000kg de planta para generar un litro de aceite. (UNISIMA 2018)



Figura 4-2: Aceite de Hierbaluisa

Fuente: (UNISIMA 2018)

2.2.2 *Extracción de aceites esenciales*

Las extracciones de aceites vegetales se pueden realizar de distintas partes de las plantas como hojas, tallos, raíces y flores. Para esto existen varios métodos de extracción como destilación por arrastre de vapor y extracción con disolventes, ambos necesitan un uso de tiempo de extracción prolongado. Existen tipos de extracción por métodos alternativos como microondas que requieren menos tiempo de extracción (Peredo, Palou y López 2017), como se muestra en la figura 5-2.



Figura 5-2: Extracción de aceites

Fuente: (Peredo, Palou y López 2017)

2.2.2.1 Métodos de extracción de aceites esenciales

A continuación, se describe los diferentes métodos de extracción de aceites esenciales.

2.2.2.2 Método de Enfleurage

Para este proceso se utilizan grasas naturales como la manteca de cerdo, esta grasa se ablanda a 40 grados centígrados. Se desplaza una capa de 5mm en una bandeja y se pone sobre esta capa los pétalos de la flor o el material a tratar y se deja reposar de 3 a 5 días para luego ser removido y se reemplaza por material nuevo y fresco. Se repite hasta buscar una saturación total de a grasa; luego la grasa impregnada lava con alcohol de perfumería. El alcohol se filtra y se destila al vacío (21in Hg, T30°C) hasta recuperar un 80% de todo el volumen de alcohol, como se muestra en la figura 6-2. (Bawab, Torres y Vélez 2012)



Figura 6-2: Método de Enfleurage

Fuente: (Bawab, Torres y Vélez 2012)

2.2.2.3 Extracción por solventes

Para este tipo de extracción, el material deberá ser molido previamente para garantizar un mejor contacto entre el sólido y el solvente. Se busca que el sólido o el líquido este en continuo movimiento en una temperatura ambiente. Los solventes que usualmente se emplean en este proceso son el etanol, metanol, hexano, xileno y acetona, como se muestra en la figura 7-2. En el proceso de solventes se pueden extraer más componentes como ciertos colorantes, ceras, grasas. (Bawab, Torres y Vélez 2012)

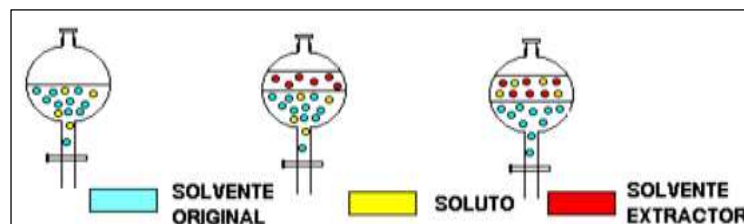


Figura 7-2: Proceso de extracción por solventes

Fuente: (Bawab, Torres y Vélez 2012)

2.2.2.4 Extracción con fluidos supercríticos

Utiliza como material de arrastre a sustancias químicas en ciertas condiciones tanto en temperatura como presión, el material es molido o cortado en pedazos sumamente pequeños y en una cámara de acero inoxidable se hace fluir un líquido supercrítico que ocupa el papel de solvente que se irá eliminando por una descompensación hasta llegar a una presión y temperatura ambiente. Se obtendrá finalmente un aceite puro como sustancia final. (Bandwolf y Bandwolf 2018). La figura 8-2 ilustra un esquema de extracción de aceites con fluidos supercríticos.

Es un proceso sumamente ecológico puesto que el solvente se elimina de manera fácil y se puede reutilizar en todo el proceso. Sin embargo, el equipo que realiza esta tarea es relativamente costoso puesto que las bombas de presión y todo el sistema de extracción deben ser resistentes a las distintas presiones que serán sometidos durante los procesos de atracción. (Bandwolf y Bandwolf 2018)

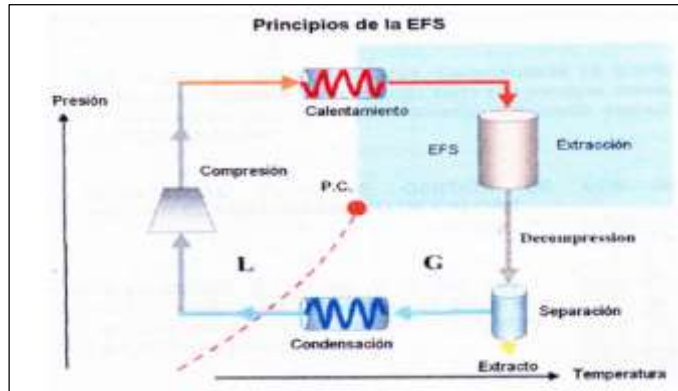


Figura 8-2: Proceso de extracción por fluido supercrítico

Fuente: (Bawab, Torres y Vélez 2012)

2.2.2.5 Extracción por arrastre de vapor

En este proceso, la materia prima que puede estar molida, en trozos o entera ingresa a un recipiente llamado hidro-destilador. Se inyecta vapor de agua a la mezcla por medio de un distribuidor interno, o este vapor se puede generar localmente mediante un hervidor o generarse en la base del recipiente. Mientras el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima va liberando el aceite mientras se va calentando y por las características propias de volatilidad se evapora, el aceite sube corriente arriba mediante el vapor hasta el tope del recipiente. (Bandwolf y Bandwolf 2018)

La mezcla de aceite y vapor llegan a condensador mediante un cuello de cisne, dentro del condensador la mezcla se enfría hasta la temperatura ambiental. El condensador a su salida tiene como resultado una mezcla líquida inestable, misma que ingresa a un decantador para separar en aceite esencial y en agua. Si el aceite presenta soluciones solubles, estos se quedarán en una combinación acuosa que se puede comercializar como agua floral. (Bandwolf y Bandwolf 2018). La figura 9-2 muestra el proceso de extracción de aceites por arrastre de vapor.

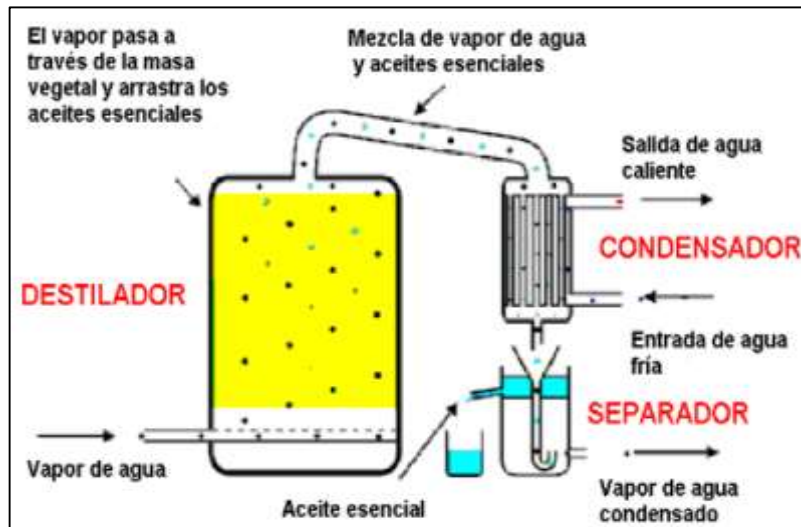


Figura 9-2: Extracción por arrastre de vapor

Fuente: (Bandwolf y Bandwolf 2018)

2.2.2.6 Extracción por método Clevenger

En este método el material es sumergido completamente en agua y la hacen hervir por medio de fuego directo o alguna manera de calefacción, como se muestra en la figura 10-2. La principal característica es el contacto directo entre el agua en ebullición y el material que se haya introducido. Se debe agitar en todo el proceso para evitar acumulaciones de material sólido en el fondo del recipiente, y así evitar que se degrade por calor y no afecte la calidad del aceite extraído. (Chávez Chávez, Coronado Velásquez y Espinoza Suazo 2014)

Mediante ensayos de laboratorio se puede determinar si el tamaño del material es adecuado o se debe realizar cambios en el tamaño de partículas a trabajar. Una gran ventaja en comparación al método de arrastre de vapor, el cual no permite trabajar con pequeñas partículas de material sin generar caminos por los que se desplace el producto resultante. (Chávez Chávez, Coronado Velásquez y Espinoza Suazo 2014)



Figura 10-2: Método de Clevenger

Fuente:(Chávez Chávez, Coronado Velásquez y Espinoza Suazo 2014)

2.2.2.7 Pasos para generar la extracción de aceites esenciales

Los pasos para generar la extracción de los aceites se describen a continuación:

2.2.2.8 Destilación

Este método es usualmente usado para la purificación de los líquidos o en este caso para la separación mezclas para obtener los componentes individualmente. Entre mayor sea la diferencia de ebullición entre los elementos mezclados, mayor será la eficacia de separación y serán de mayor pureza cada uno. Consiste en calentar una mezcla hasta su ebullición, mientras la temperatura sube llega al punto de ebullición del material más bajo mientras los demás permanecen en su estado original, como se muestra en la figura 11-2. (TP Lab. Químico 2015)

Los vapores generados paran a un condensador y los pasa a un estado líquido de la misma composición, de esta manera se enriquece un elemento destilado en uno más volátil, es decir un elemento de menor punto de ebullición. La mezcla sin destilar se habrá enriquecido con un elemento menos volátil, es decir, al que posee un mayor punto de ebullición. (TP Lab. Químico 2015)



Figura 11-2: Destilación simple de mezclas

Fuente: (TP Lab. Químico 2015)

2.2.2.9 Condensación

Es un proceso en el cual se realiza un cambio de la materia en la que pasa de un estado gaseoso a líquido. Es decir, es lo contrario a la vaporización. Aquí es importante resaltar que el elemento solamente cambia de un estado físico para cambiar a otro. Para que suceda esto debe existir condiciones de temperatura y de presión. La condensación ocurre cuando un gas se va enfriando hasta llegar a un punto de rocío, pasando de su estado gaseoso a líquido variando la presión sobre el elemento. La figura 12-2 ilustra el proceso de condensación en la extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor. (González 2019)

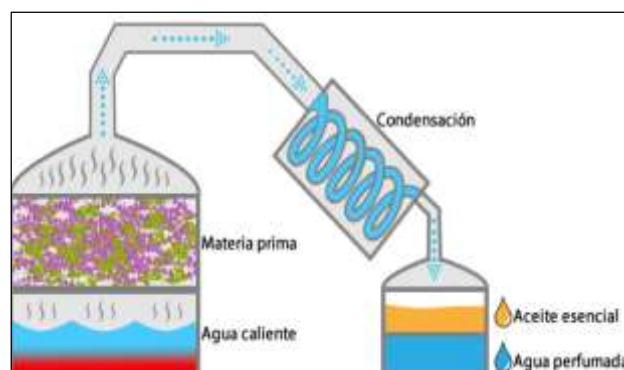


Figura 12-2: proceso de condensación

Fuente: (González 2019)

2.3 Sistemas de control

Un sistema de control es aquel conformado por un grupo de elementos dispositivos que ejercerán cierto control sobre otros elementos o sistemas. Deben realizar tareas de manera efectiva y tener un comportamiento estable ante errores. En la actualidad tienen gran relevancia en técnicas industriales y de automatización en tareas complejas que el hombre ha desarrollado. Se tiene que tomar en cuenta que existen dos tipos de sistemas, a lazo abierto y lazo cerrado. (Sasir Alejandro 2021). En la figura 13-2 se muestra una representación de un sistema de control industrial.

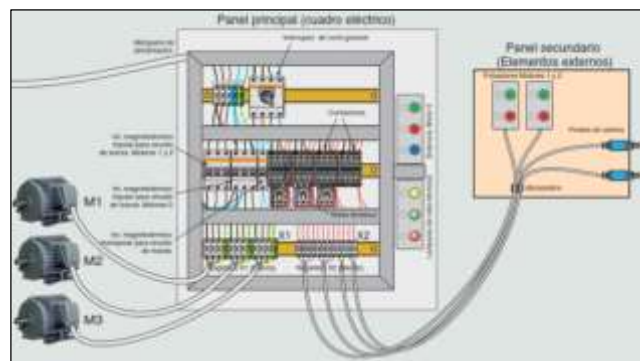


Figura 13-2: Sistemas de control industrial

Fuente: (Martín y García 2009)

2.3.1 *Sistemas a lazo abierto*

En este tipo de sistemas la salida no tiene ningún efecto en la acción de control a la entrada. Es decir, que la salida del sistema no se realimenta ni se compara con la entrada del mismo, tal como la figura 14-2 muestra. Este caso la efectividad en la precisión del sistema depende netamente de la calibración del mismo, en una perturbación externa el sistema no es capaz de realizar las tareas deseadas, por eso en la vida práctica solamente se realiza este tipo de lazos cuando se conoce la relación existente entre la entrada y la salida. (Ogata 2010)

Esta clase de sistemas no tienen control realimentado, puesto que solo operan en base al tiempo de ejecución. Como ejemplos se puede citar el trabajo de una lavadora de ropa, o la señalética de semáforos, en ambos casos solo depende de la transición de eventos de acuerdo a pasos de tiempo en los que hayan sido programados. (Ogata 2010)

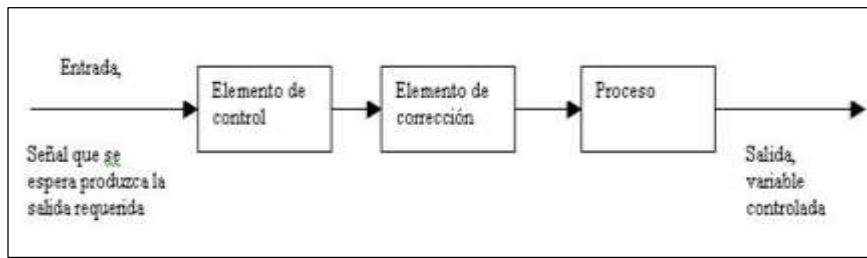


Figura 14-2: Sistemas de lazo abierto

Fuente: (Ogata 2010)

2.3.2 Sistemas a lazo cerrado

En este tipo de sistemas la salida del sistema usa una retroalimentación como respuesta a perturbaciones e ingresa al sistema, como se muestra en la figura 15-2. En este caso la estabilidad es sumamente problemático puesto que pudiesen llegar a corregir en exceso todos los errores. Estos sistemas sólo ofrecen ventajas cuando se conoce que existen perturbaciones externas impredecibles. Por la cantidad de elementos que se pueden usar, estos sistemas pueden representar en mayor costo. (Ogata 2010)

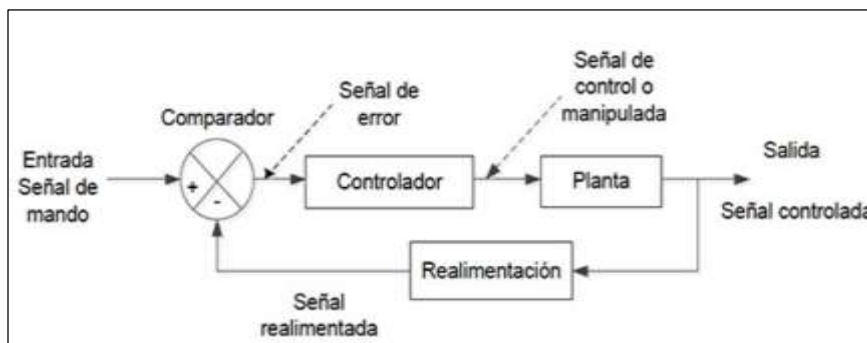


Figura 15-2: Sistema de lazo cerrado

Fuente: (Ogata 2010)

2.4 Autómatas programables

Un PLC (Controlador Lógico Programable), ilustrado en la figura 16-2, es un computador de ingeniería para automatización industrial, fábricas o acciones mecánicas. Es un dispositivo robusto electrónico capaz de adaptarse a necesidades de una empresa en producción a gran escala. Este dispositivo electrónico puede accionar a distintos actuadores que incluso pudiesen ser peligrosas para los seres humanos. Su uso es extenso desde la fabricación de maquinaria, instalaciones de seguridad, calefacción o enfriamiento, industria automotriz, fresadoras, plantas químicas, oleoductos, entre otras. (Autycom 2018)



Figura 16-2: Controlador lógico programable

Fuente: (Autycom 2018)

2.4.1 PLC Logo V8

El PLC Logo V8, que se muestra en la figura 17-2, es un controlador pequeño de gran utilidad para procesos que no requieren tantas salidas en un proceso industrial. Tiene entradas en AC y salidas de relé que soportan hasta los 10 A, posee una comunicación MODBUS, TCP/IP y Ethernet. En la actualización de sus versiones puede incorporar nuevas herramientas como la funcionalidad de conectarse a la nube o almacenamiento en tarjeta micro SD. (SIEMENS 2021)



Figura 17-2: PLC Logo V8

Fuente: (SIEMENS 2021)

2.4.2 Logo TDE

Una interfaz humano-máquina o HMI, es la encargada de realizar tareas de visualización y de control mediante pequeñas acciones sin que el ser humano interfiera demasiado en el proceso, como presenta la figura 18-2. Incorpora un área de visualización amplia, posee 4 teclas como cursor mismas que pueden ser programable, un puerto ethernet para una comunicación directa con el PLC Logo. (Quinte Quinte 2018)



Figura 18-2: Logo TED

Fuente: (Quinte Quinte 2018)

2.5 Sensores

En esta sección, se describe de manera general los sensores de temperatura para el desarrollo del proyecto. Hay una gran variedad de tipos de sensores los cuales difieren entre ellos en su manera de usar en un sistema, su material de fabricación, es decir, sus características.

2.5.1 Sensores de temperatura

Este tipo de sensores detectan las distintas variaciones de temperatura que se pueden presentar en el agua, aire o superficies y las transforman en señales de tipo eléctricas; las señales pueden ser interpretadas por una circuitería electrónica para tomar acciones para otros dispositivos. La sonda de temperatura se compone de 3 partes, la primera es el sensor, segundo una vaina con material conductor y tercero un cable que se conecta al sistema.

2.5.1.1 Sensores RTD

PT100 y PT1000

Son sensores diseñados para indicar mediciones en entornos de tipo industrial, son capaces de tolerar ruido eléctrico con facilidad y normalmente son compuestos de platino y níquel, como muestra la figura 19-2. De acuerdo a la necesidad de mediciones se eligen el tipo de RTD. Uno de los más comunes es el sensor PT100. Tiene un amplio rango de temperaturas que oscilan entre los -20 a 80°C, su nombre se basa a los 100 ohms en una temperatura de 0°C.(SRC 2018)



Figura 19-2: Sensores RTD

Fuente: .(SRC 2018)

2.5.1.2 Termistores NTC y PTC

Este tipo de sensores son uno de los más usados y destacados por el funcionamiento, compuestos por semiconductores que indican variación de su resistencia interna de acuerdo a la temperatura. Los termistores NTC están diseñadas para amplios rangos, con mayor temperatura y menos resistencia. Los termistores PTC son usados para cambios drásticos de temperatura. Ambas clases de sensores se muestran en la figura 20-2 (SRC 2018)



Figura 20-2: Termistores NTC y PTC

Fuente: (SRC 2018)

2.5.1.3 Infrarrojos

Estos sensores han sido diseñados para lugares inaccesibles o está en movimiento, tiene un rango de -20°C a 2000°C . utiliza señales de salida de 4 a 20mA lo cual lo hace compatible con muchos instrumentos sin acondicionamientos adicionales. Varios sensores se pueden configurar mediante un PC que viene incluido con cada sensor, donde el usuario puede cambiar ciertas configuraciones como el rango de temperatura, límites mínimas medidas instantáneas entre otras. La figura 21-2 ilustra este tipo de sensores. (SRC 2018)



Figura 21-2: Sensor infrarrojo de temperatura

Fuente: (SRC 2018)

CAPÍTULO III

En este apartado se describe el proceso por el cual el sistema de extracción de aceites esenciales se desarrolla. Se presentan los diferentes tipos de investigaciones empleados en el proyecto, la planificación para su implementación. El diseño y la conexión del sistema de control para la planta de extracción de aceites esenciales.

3 MARCO METODOLÓGICO

Dentro de los métodos de investigación existen varios modelos de acuerdo a la necesidad del usuario y del tema a tratarse, en este caso se detalla de manera resumida los tipos de investigación que se necesitaron en el presente proyecto técnico.

En la Tabla 1-3 se muestra los tipos de investigación aplicadas para esta investigación.

Tabla 1-3: Tipos de investigación

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método científico	Se obtienen respuestas probadas previamente en experimentos. Describe fenómenos de manera objetiva. Investigación detallada de forma ordenada entendiendo procesos del camino.
Método experimental	Se actúa sobre las acciones y efectos de investigación Es un proceso de adquirir conocimientos científicos. Se selecciona un grupo de variables de estudio
Método de investigación aplicada	Busca estrategias para alcanzar un objetivo. No se explica situaciones, pero si una solución real a algo específico Se conoce como empírica, buscando aplicaciones para situaciones reales.

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

3.1 Investigación científica

En este tipo de investigación, se enfoca en la recopilación de información basada en trabajos anteriores y distintas fuentes de información técnica, que sean relevantes para crear una base sólida y encaminar de manera objetiva al presente proyecto de titulación. Las fuentes de investigación han sido seleccionadas desde paginas oficiales garantizando la veracidad de las fuentes al momento de citarlas.

3.2 Método experimental

Se basa su estudio en variables de interés y realizando pruebas de ensayos con las mismas, para codificar las señales y transformarlas a magnitudes entendibles en el sistema. Se realizaron pruebas en escenarios reales para garantizar que el sistema para la extracción de aceites esenciales sea el adecuado y garantizando su estabilidad en todo momento.

3.3 Método de investigación aplicada

Lo que se busca con este tipo de investigación, es desarrollar un sistema de extracción de aceites esenciales automático dando mayor seguridad en la práctica del laboratorio académico y desarrollar una técnica con menor tiempo en la extracción de los mismos en la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.4 Cronograma de actividades

En la tabla 2-3 se presenta el cronograma de actividades, las cuales se han desarrollado de manera semanal.

Tabla 2-3: Cronograma de actividades empleadas en el sistema

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIMADO
Recopilación de información	Semana 1
Recopilación de información	Semana 2
Recolección de fuentes bibliográficas	Semana 3
Diseño del sistema	Semana 4
Caracterizas de cada etapa del sistema	Semana 5
Selección de elementos y dispositivos	Semana 6
Adquisición y compra de elementos	Semana 7
Adquisición y compra de elementos	Semana 8
Distribución de elementos en tablero de control	Semana 9
Montaje de elementos en el sistema de extracción	Semana 10
Diseño de distribución en pantalla LOGO TDE	Semana 11
Programación de pantalla LOGO TDE	Semana 12

Implementación del sistema automático	Semana 13
Elaboración del tablero de control y conexiones	Semana 14
Pruebas y correcciones de errores del sistema implementado.	Semana 15

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

3.5 Desarrollo del sistema

Una vez analizado el capítulo anterior se llegó a determinar todos los puntos estratégicos a los que se ve implementado el sistema de control para la extracción de aceites esenciales. A partir de este ápice se detallan: los requerimientos en *hardware* y *software*, el esquema general, las etapas que conforman al sistema, los elementos seleccionados y la implementación total. El presente sistema está enfocado en la automatización del proceso para extracción de aceites esenciales con un énfasis en el calentamiento del recipiente por medio de un proceso de características industriales.

3.5.1 *Requerimientos en Hardware del sistema de calefacción para la extracción de aceites*

A continuación, se señalan los requerimientos que deben ser necesarios para el funcionamiento del sistema.

- El sistema tiene un sensor de temperatura para controlar el encendido o apagado de la resistencia que genera calor para el recipiente extractor.
- El sistema tiene sensores de nivel a la salida para garantizar una cantidad exacta de aceite final.
- El sistema posee un sensor de humedad para que se pueda activar el sistema de enfriamiento y así generar la condensación.
- Todo el sistema se acciona mediante un controlador lógico programable PLC de tipo industrial con una pantalla donde se pueda visualizar el funcionamiento del sistema.
- El sistema está dentro de un tablero de control para proteger a todos los elementos seleccionados evitando su deterioro.
- El tablero posee luces indicadoras que ayudan a verificar el proceso en curso o pausado.

3.5.2 Esquema general del sistema de control para la extracción de aceites esenciales

En la Figura 1-3 se puede observar el esquema general del sistema de extracción de aceites. La entrada del fluido debe tener a una cantidad específica de agua según sea la cantidad de la materia prima, la cual ingresará en el extractor para que se vaya calentando conforme a la temperatura de la resistencia que está en la base del extractor. Mediante los sensores de humedad, de nivel de agua y de temperatura se controlará al sistema de enfriamiento, la condensación y el nivel de aceite extraído.

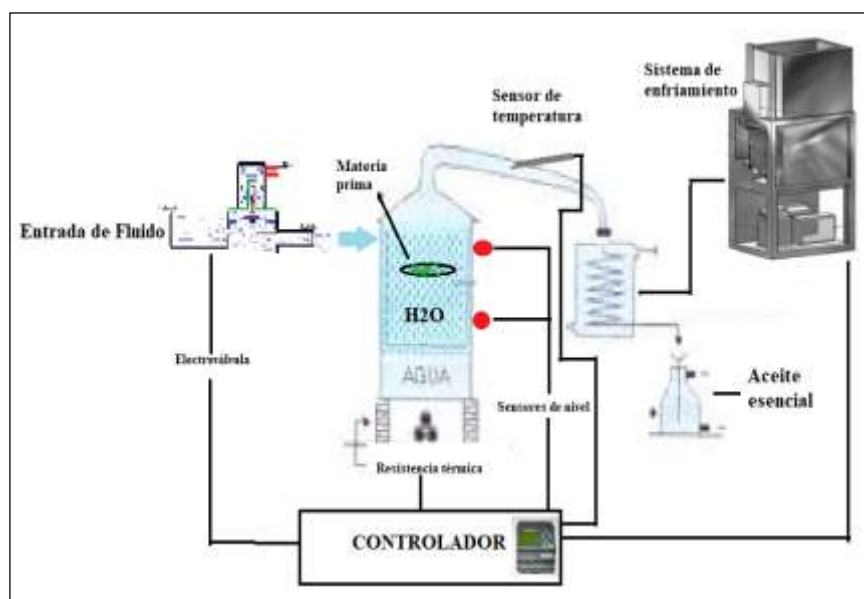


Figura 1-3: Esquema general del sistema de extracción de aceites esenciales

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Una vez concretado el esquema general del funcionamiento del sistema de control para la extracción de aceites esenciales, se establece un esquema por etapas que conforman al sistema total. En la figura 2-3 se puede observar cómo se ha dividido al sistema por etapas. La primera con la lectura de la variable temperatura la cual se encarga de hacer llegar al punto de ebullición de la mezcla, la segunda etapa está designada para la activación del controlador y la tercera etapa es para la visualización en el HMI.

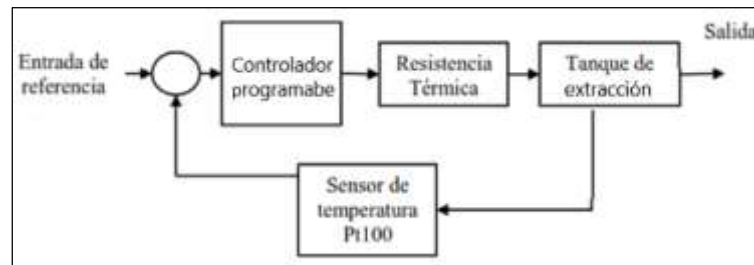


Figura 2-3: Sistema a lazo cerrado de temperatura

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.5.2.1 Etapa de adquisición del valor de temperatura

Esta etapa está designada para la medición de temperatura de la resistencia encendida. El sensor de temperatura PT100 está situado en un lugar que no impide el funcionamiento del proceso de extracción ni su integridad. El sensor es conectado directamente al controlador y éste a su vez se encarga de procesar la señal para una posterior toma de decisiones en el controlador.

3.5.2.2 Etapa de activación del controlador

Después de acceder a la variable de interés que es la temperatura a la que se encuentre encendida la resistencia, se procede a realizar un control en lazo cerrado para que se mantenga estable la temperatura final y así garantizar que siempre exista una temperatura estable en el extractor. Con este proceso se garantiza que la mezcla se mantenga en ebullición y aprovechar al máximo la extracción del aceite esencial.

3.5.2.3 Etapa de visualización de datos en el HMI

En esta etapa el sistema por medio del HMI se visualiza los distintos datos de accionamiento del sistema indicando cuales han sido accionados o apagados. De la misma manera en la misma pantalla se muestran los datos que los sensores están leyendo. El HMI debe estar programado y situado de tal manera que los datos puedan visualizarse con normalidad sin ningún tipo de inconveniente.

3.5.3 Descripción de los elementos y dispositivos del sistema

Este apartado establece los elementos que participan en el sistema de control para la planta de extracción de aceites esenciales. Se describen las características principales de cada dispositivo y su método de conexión.

3.5.3.1 PLC LOGO V8

Este controlador, que se muestra en la figura 3-3 es un autómata de potencia baja si lo comparamos con otros PLC, lo que indica que es limitado el procesamiento debido a la cantidad de entradas y salidas que éste posee y usado en procesos sencillos. Para casos en los que se requiera una mayor cantidad de entradas y salidas es necesario la utilización de un autómata de mayor capacidad. (SIEMENS 2021)



Figura 3-3: Autómata Logo V8

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En la tabla 3-3 se muestra las características del Logo V8

Tabla 3-3: Características de Logo V8

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de funcionamiento	115V AC/DC
Voltaje de operación	12VDC
Pines de entrada	8 pines
Pines de salida	4 pines
Módulos de expansión	Entradas analógicas

Fuente: (SIEMENS 2021)

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

3.5.3.2 Sensor PT100

El sensor PT100 es un cuerpo cubierto de platino, como se muestra en la figura 4-3. Tiene una gran estabilidad con una elevada exactitud y su rango de temperatura. Convirtiéndose en un elemento usado fuertemente en el campo industrial. Vienen marcadas con una clase que indica la exactitud. (Adelantado 2021)



Figura 4-3: PT100

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En la tabla 4-3 se muestran las características del sensor de temperatura PT100

Tabla 4-3: Características de PT100

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	PT100
Tipo de uso	Industrial
Largo probeta	100mm
Diámetro probeta	5mm
Largo de Extensión	2m
Diámetro de extensión	8mm
Material	Acero inoxidable

Fuente: (Adelantado 2021)

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

3.5.3.3 Logo TDE

¡La pantalla “Logo! TDE”, ilustrada en la figura 5-3, es un equipo usado para monitorear directamente con el PLC Logo, con información de señales analógicas, digitales entre otras. Este módulo lógico es de acople universal con equipos Siemens. (Editorial 2019)



Figura 5-3: Logo TDE

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En la tabla 5-3 se muestra las características principales de la interfaz Logo TDE.

Tabla 5-3: Características de Logo TDE

CARACTERÍSTICAS	
Tipo de display	FSTN
Tipo de retroalimentación	LED
Voltaje nominal	12V/24VDC, 24 VAC
Temperatura ambiente	-20°C a 55°C
Ancho	128.2mm
Alto	38.7mm

Fuente: (Adelantado 2021)

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

3.5.3.4 Sensor de humedad HRT2402

Esta sonda de humedad es exclusiva de uso industrial, agrícola, ganadera y avícolas, posee una comunicación perfecta con PLC mediante un protocolo de comunicación, caracterizado por tener una estancia ABS IP65. La figura 6-3 muestra un ejemplar de este tipo de sensor.



Figura 6-3: Sensor de humedad HRT2402

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

La tabla 6-3, muestra las características del sensor HRT2402

Tabla 6-3: Características del sensor de humedad

CARACTERÍSTICAS	
Alimentación	12-26VDC
Consumo	20mA
Precisión	+/- 2%
Rango de medida	-40/+125 C
Salida de voltaje	1V- 10V
Temperatura de trabajo	-30 a 60 °C

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.5.3.5 Sensor de nivel ZP210

El sensor de nivel es un interruptor flotador usado para medir el nivel de líquido en un tanque, como muestra la figura 7-3. Este sensor puede activar o desactivar dispositivos de tipo industrial, usados en tanques de agua y diversas aplicaciones donde se requiera controlar niveles de líquido. Se compone de un interruptor y flotador magnético de láminas diminutas dentro del encapsulado. (ElectroCrea 2021)



Figura 7-3: Sensor de nivel líquido

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En la tabla 7-3 se muestra las características del sensor ZP210

Tabla 7-3: Características del sensor de nivel

CARACTERÍSTICAS	
Material	Polímero y PP
Represión de contacto	10 W
Voltaje de Switch	50VDC
Corriente	0.5A

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.6 Esquema electrónico de la calefacción para la extracción de aceites

En la Figura 8-3, se puede observar el diagrama de conexiones eléctricas y electrónicas con las que se efectúa el sistema en el extractor de aceites. A la izquierda se puede ver como el circuito se encuentra conectado. Un breaker que abre y cierra el circuito hacia una fuente para polarizar el PLC, a la entrada del PLC van todos los sensores y la comunicación por ethernet hacia la pantalla TDE. En la parte derecha está conformado por relays y resistencias permiten activar las resistencias eléctricas y el sistema de enfriamiento que conforma el sistema.

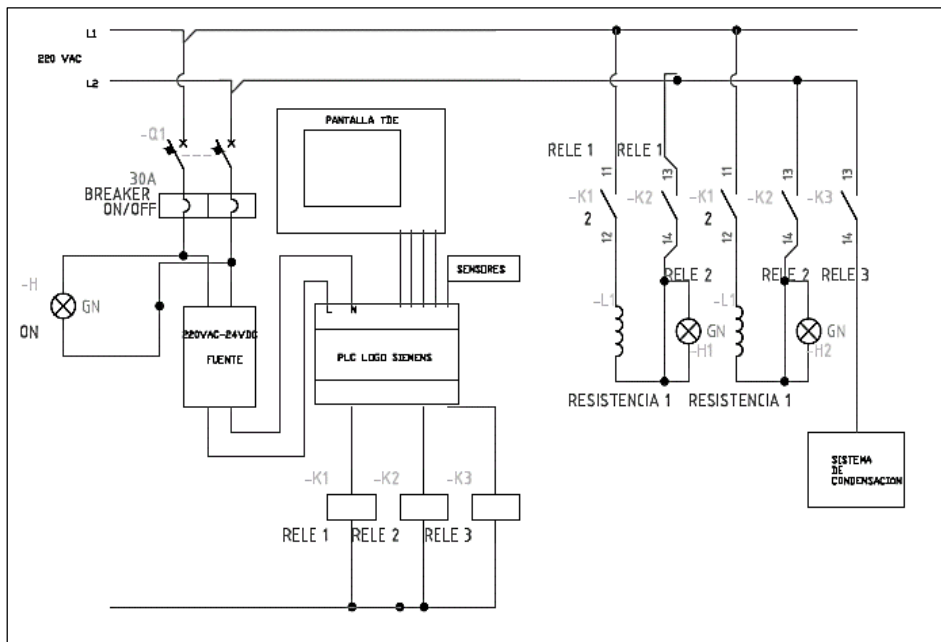


Figura 8-3:Diagrama electrónico del sistema

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.7 Requisitos del *software*

Para el proceso de calentador del sistema de extracción de aceites, es necesario resaltar los requisitos que el *software* tiene. Se busca en esto una mejor interacción con los distintos elementos que han sido seleccionados previamente en el *hardware*. A continuación, se detallan los requerimientos en los que se basa la programación del calefactor del sistema.

- El acondicionamiento de señales se realiza mediante una linealización en cada uno de los sensores escogidos.

- La programación en el LOGO y pantalla TDE se realiza en diagramas de bloques para todas las funciones para todas las funciones que se desea aplicar.
- Los diagramas deben ser específicos para la comunicación entre sensores y actuadores.
- La programación debe cumplir todas las acciones que necesita el proceso de la extracción de aceites esenciales, con total libertad de realizar cambios si es necesario en un futuro.

3.7.1 SOFTWARE LOGO

Para la implementación del sistema de control para la extracción de aceites esenciales mediante la utilización del PLC Logo, es necesario tener instalado en el ordenador un *software* de programación llamado LOGO Soft Comfort V8.3, como se muestra en la figura 9-3. Este programa tiene como característica el soporte de proyectos de automatización con sentencias simples en sus operaciones y configuración intuitiva. (MASTER PLC 2018)

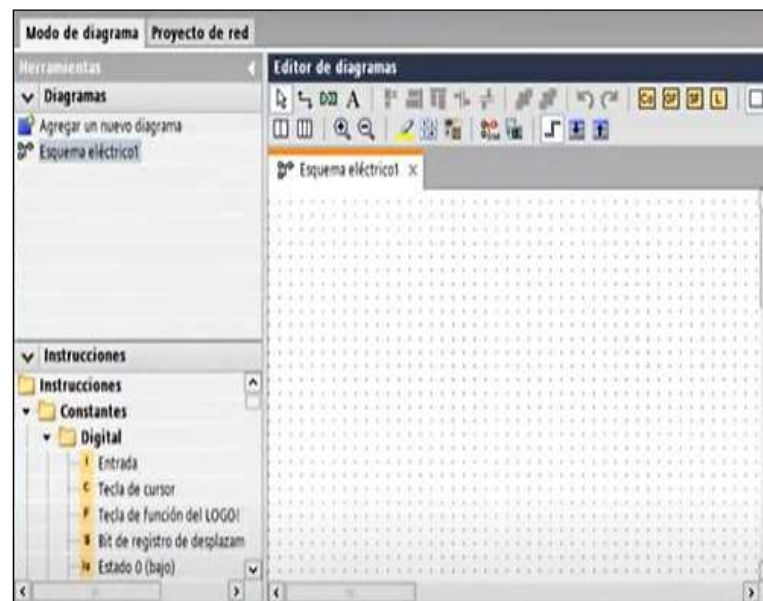


Figura 9-3: Pantalla principal de LOGO Soft Comfort V8.3

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.7.2 Diagramas de flujo para la programación del proyecto

El presente capítulo se muestra a los diagramas de flujo con el que se programa las acciones del sistema de calefacción por medio de la programación en el *software* LOGO Soft Comfort. Para esto se ha realizado la división del sistema en dos diagramas: uno para el calentamiento de la resistencia con la que se subirá la temperatura del extractor y otro para la lectura de cambios en

sensores de temperatura y nivel que requieren de interacción. La figura 10-3 muestran los diagramas de flujo de la lectura de sensores de humedad y nivel.

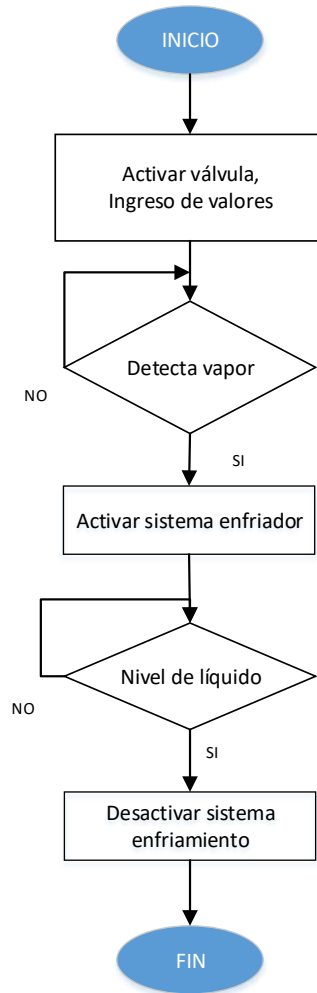


Figura 10-3: Diagrama de flujo lectura de sensores

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

- Se establecen variables necesarias para la clasificación de entradas con los sensores de detección de vapor y el sensor de nivel de líquido.
- Si el primer sensor ha llegado a captar vapor a la salida de la extracción, inmediatamente se encenderá el sistema de enfriamiento para tener la condensación del gas y separar el aceite esencial.
- Si el sensor de nivel de líquido detecta el nivel necesario de aceite esencial, desactivará al sistema de enfriamiento dejando libre al sistema para una futura extracción.

La figura 11-3 presenta el diagrama de flujo para el trabajo del sensor de temperatura del sistema.

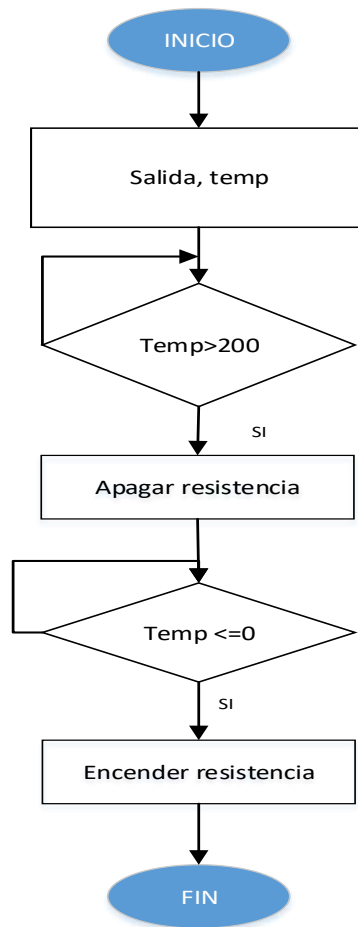


Figura 11-3: Diagrama para proceso de la temperatura

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

- Se necesita declarar ciertas variables tanto de entrada como de salida, en este caso una entrada analógica con la que se mide la temperatura y una salida para controlar el encendido de la resistencia.
- Se mantiene un encendido constante de la resistencia para que pueda calentar el extractor mediante una señal de pulso desde el PLC.
- Siempre se ingresa el valor de temperatura generando así un sistema a lazo cerrado para una mayor calibración en mediciones futuras.

3.8 Cálculos para obtener el valor de la resistencia del calefactor

Para que se pueda implementar todo el sistema de manera correcta, es necesario establecer que se requiere encontrar el valor de la resistencia térmica encargada de calentar el extractor. Para esto se requiere tener un conocimiento de la temperatura a trabajar y materiales que se pueden utilizar. El laboratorio de Ciencias de la ESPOCH, tiene a disposición un quemador a gas, estos datos son tomados a partir de muestras de temperatura en espacios de tiempo.

En la tabla 8-3, se presenta la temperatura y el tiempo que tardó usando un calentador a gas.

Tabla 8-3: Resultados de experimentación con calentador a gas

TIEMPO (min)	TEMPERATURA °C
0	15
50	45
75	65
85	80
100	90-92

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Para el cálculo de la resistencia térmica se lo realizó de acuerdo al material a calentar. En este caso, el extractor de aceites esenciales es de acero inoxidable. Se toma en cuenta que se necesita una temperatura a controlar de 92°C; temperatura ideal de ebullición para la extracción de aceites.

En el laboratorio existe tomas de alimentación de 220VAC, se tiene una potencia de alrededor de 1,284 KW. Con estos valores se puede obtener que se necesitará una corriente de 5.83 A se procede a realizar los cálculos pertinentes para obtener la potencia requerida en el sistema de calefacción del recipiente.

Cantidad de calor

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

Q: cantidad de calor, Joules (J)

R: Resistencia, ohmios (Ω)

I: Corriente, Amperios (A)

t: Tiempo, segundos (s)

Potencia

$$P = R * I^2 \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

P: potencia, vatios (W)

R: resistencia, ohmios (Ω)

I: Corriente, Amperios (A)

Calor Específico

$$C_e = \frac{Q}{m * \Delta t} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

Ce: Calor específico

Q: Cantidad de calor, Joules (J)

m: Masa, kilogramos (Kg)

Δt : Cambio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

ρ : Densidad

m: masa

V: volumen (dm^3)

Se reemplaza las fórmulas (2) y (3) en la fórmula (1), para calcular la potencia

$$P = \frac{C_e * m * (T_2 - T_1)}{t} \quad \text{Ec. (5)}$$

Se reemplaza la fórmula (4) en (5).

$$P = \frac{0.12 * 7.8 * 15 * (92 - 20)}{4500} = P = 0.2246 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} \quad \text{Ec. (6)}$$

Se conoce que un Joule = 0.24cal, por lo tanto.

$$P = \frac{0.2246}{0.24} = 0.94 \text{ KW} \quad \text{Ec. (7)}$$

En la Ec. (7) se puede observar el cálculo de la potencia para poner en marcha al sistema de temperatura para la extracción de aceites esenciales en el laboratorio de Ciencias de la ESPOCH. En la figura 12-3 se muestran los cálculos realizados.

Materiales usuales		Ac. Inox. ▾	Temperatura Inicial usual
V	Volumen a calentar en litros(ó dm3) ▾	90	
p	Peso en Kg/dm ³	7.8	
t ₁	Temperatura inicial en °C	20	
t ₂	Temperatura final en °C	92	
C _p	Calor especifico en kcal/Kg x °C	0.12	
T	Tiempo de calentamiento en horas ▾	1.21	
Borrar el contenido		Calcular	
$P = \frac{V * p * C_p * (t_2 - t_1) * 1,2}{860 * T} = 6.994364789544494 \text{ kW}$			

Figura 12-3: Calculadora para la resistencia térmica

Fuente: (Maxiwatt 2021)

3.9 Datos experimentales para obtener la función de transferencia.

Dentro de la metodología para la realización del sistema de calefacción, se ha señalado el método experimental y científico que fueron usados para este paso importante durante el estudio del sistema, es necesario conocer el comportamiento que se desea obtener, con esto se tiene en cuenta la forma como se debe mantener estable la temperatura durante todo el proceso que se esté utilizando el sistema de extracción de aceites esenciales.

El proceso de calentar es un sistema lineal conocido como sistema de primer orden y la ecuación para este tipo de casos es la siguiente.

$$G(s) = \frac{K}{1 + \tau s} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

K =Ganancia del sistema.

τ =Constante de tiempo.

Una vez que se ha determinado la respuesta de un sistema de primer orden como se mostró en Ec. (8), se procede a realizar una conversión del sistema real al complejo por medio de la transformada de Laplace, transformando de esta manera al sistema en un método matemático capaz de ser estudiado en su totalidad. La ecuación de esta transformación se puede observar en Ec. (9).

$$Y(t) = K(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{Ec. (9)}$$

En un sistema con cambios abruptos en su señal de entrada desarrollan distintas respuestas. Por tal motivo se realiza un estudio con cambios repentinos en un lapso pequeño de tiempo conociéndose como la respuesta del sistema al escalón unitario. Con este estudio se puede obtener

valores de interés que se requiere para un análisis de la efectividad del sistema de primer orden como es el caso del presente proyecto de titulación.

En la figura 13-3 se puede observar como la respuesta llega a tener un valor final de 63.2% en una constante de tiempo y llega a tener 99.3% en el lapso de 5 constantes de tiempo. Se demuestra con esta gráfica que el sistema llega a tener 2% del valor final en $t \geq 4T$, teóricamente se llega al estado estacionario en un tiempo infinito, pero en la vida real se visualiza que la longitud de tiempo que la curva necesita al 2% del valor final es $4T$ (Ogata 2010).

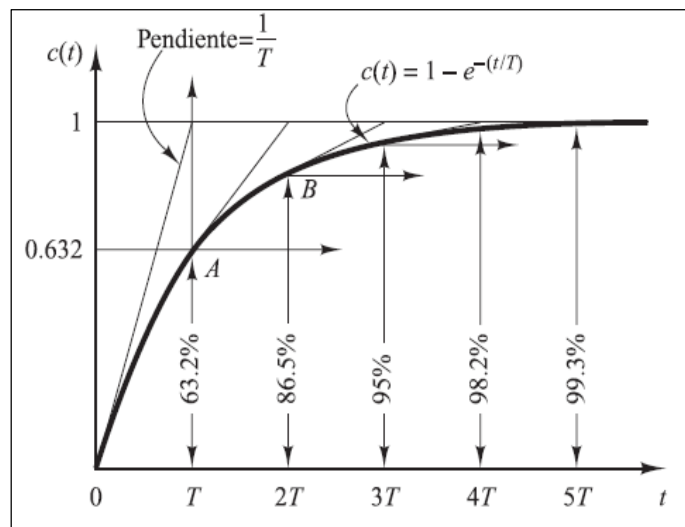


Figura 13-3: Parámetros dentro de un sistema de primer orden

Fuente: (Ogata 2010)

Para saber el comportamiento del sistema se realizó una simulación en el software Matlab, donde se coloca a la entrada una señal de escalón unitario para visualizar el comportamiento de su respuesta al cambio abrupto generado en la simulación. En la figura 14-3 se puede observar la señal del escalón unitario.

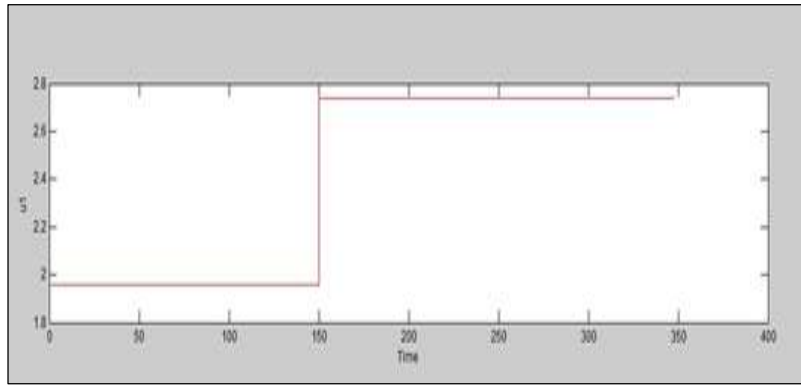


Figura 14-3: Entrada del escalón unitario en el sistema

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Es necesario conocer el tiempo que el proceso de calefacción del recipiente alcance la temperatura deseada, en el laboratorio los técnicos y estudiantes desarrollan la extracción de aceites con una temperatura interna de 92°C para la mezcla de agua y las especias. Para esto se desarrolla la ecuación (10).

$$K = \frac{\Delta T(^{\circ}\text{C})}{\Delta V(\text{V})} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

K= Ganancia estática del sistema

ΔT = Diferencia de temperatura

ΔV = Diferencia de voltaje

$$K = \frac{(92 - 20)^{\circ}\text{C}}{2.5 \text{ V}}$$

$$K = 28.8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{V}}$$

Basado en la curva de la Figura 14-3, se pone a prueba la respuesta del sistema en una constante de tiempo (1T), es decir cuando la respuesta del sistema llega a 63.2% de su valor final. Se toma en cuenta la ecuación (11).

$$T_t(t) = T_{\text{inicial}} (^{\circ}\text{C}) + 0.632(T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})(^{\circ}\text{C}) \quad \text{Ec. (11)}$$

$$T_t(t) = 20^{\circ}\text{C} + 0.632(92 - 20)$$

$$T_t(t) = 68.504^{\circ}\text{C}$$

Con el resultado obtenido se calcula el tiempo que tardará el sistema en llegar a la temperatura estimada siendo esta de 1.75 horas.

En la tabla 9-3 se puede observar los valores que han sido determinados mediante pruebas en escenarios reales para la extracción del aceite.

Tabla 9-3: Valores experimentales para pruebas

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Entrada de escalón	0V-10V
Temperatura ambiente	20°C
Temperatura de ebullición	92°C
Tiempo final	1.75 horas

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.10 Linealización de sensores

Normalmente los sensores son fabricados con la finalidad de otorgar a la salida una resistencia de acuerdo a la variable de estudio, con la linealización lo que se busca es llegar a un comportamiento de salida lineal que mientras se suba la temperatura, también vaya cambiando el valor normalizado para la entrada del PLC.

3.10.1 Linealización del sensor de temperatura

Para la medición de la temperatura se utiliza el sensor PT100, mismo que tiene una resistencia de 100 ohmios para 0°C y 138.4 ohmios para 100°C. De fábrica vienen con un ligero error de 0.4 a 0.5 °C. por lo que es necesario linealizar al sensor para obtener una medición exacta sin ninguna clase de inconvenientes. Basado en la norma internacional ITS-90 la ecuación para la linealización es la siguiente. (Fórmula de linealización). En la figura 15-3 se muestra la linealización del sensor Pt100.

$$R_t = R_0 * (1 + A * t + B * t^2 + C * (t - 100) * t^3) \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

R_t = Resistencia a temperatura

R_0 = Resistencia a 0°C

$A = 3.9083E-8$

$B = -5.775E-7$

$C = 0$ (por encima de 0°C)

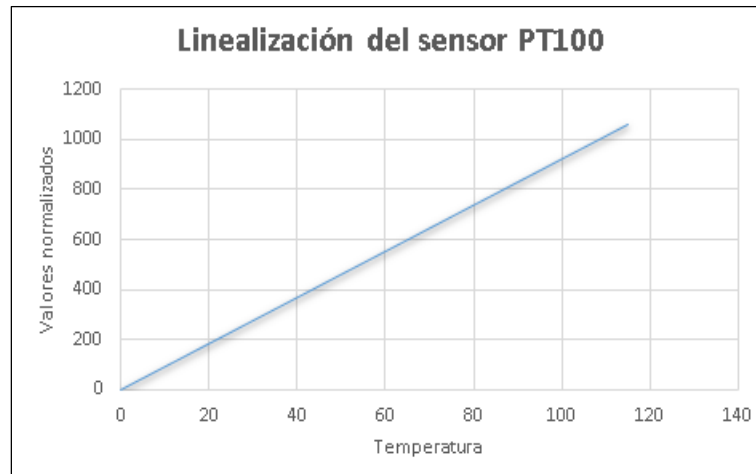


Figura 15-3: Linealización del sensor PT100

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11 Implementación del sistema

La resistencia térmica que genera la calefacción es incorporada al recipiente o tanque extractor que se encuentra en el laboratorio. En la figura 16-3 se puede observar al extractor tal como se encuentra en las instalaciones de la ESPOCH.



Figura 16-3:Extractor de aceites esenciales

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.1 Colocación de la resistencia térmica

Con los cálculos antes realizados se procede a la implementación de la resistencia térmica, para lo cual se ha fijado dos resistencias para tener el calor necesario de acuerdo a las especificaciones que se requiere para la extracción de aceites. En la figura 17-3 se puede observar la ubicación, tomando en cuenta la distancia que las bandejas deben tener en el interior del recipiente



Figura 17-3: Prueba de encendido de la resistencia tubular

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.2 Acople del sensor de temperatura en la tapa del extractor

La parte superior del extractor dispone de un sensor analógico que indica la temperatura de manera analógica con una aguja, al lado de éste se incorpora el sensor industrial PT100 para obtener el valor de la temperatura en la pantalla TDE. Se realiza un acople con rosca al lado del sensor analógico y se conecta al PLC en la entrada analógica, como se muestra en la figura 18-3.



Figura 18-3: Acople de sensor de temperatura

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.3 Acople de los sensores de nivel

El sistema de extracción consta de niveles apropiados para el líquido con el que se va a trabajar. El rango de nivel de líquido es 10 litros entre el nivel máximo y mínimo, con este rango se certifica que las especies que se ingresen al recipiente no se mojen y no se cocinen mientras el agua hierve sino simplemente realice un baño de vapor para de esta manera obtener la esencia pura de aceite al final del proceso. En la figura 19-3, se puede observar cómo están situados los sensores de nivel máximo y mínimo.



Figura 19-3: Ubicación de sensores de nivel

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.4 Acople de los sensores de humedad

Para que el sistema pueda generar el aceite, necesita de una condensación que otorga una máquina prevista en el laboratorio de ciencias de la ESPOCH. Este sistema se acciona cuando en la boquilla del extractor percibe humedad, como se ilustra en la figura 20-3. Este sistema realiza una circulación de agua para bajar de los 92 o 100° C a los 5°C para que el vapor se convierta en aceite.



Figura 20-3: Sensor de humedad

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.5 Implementación de elementos de control

Una vez que se haya realizado los distintos procesos de calibración de sensores e implementación de los mismos, se procede a colocar todos los elementos en su gabinete, como se puede observar a continuación en la figura 21-3. En el tablero están colocados la fuente de poder que transforma los 220V AC en 24 VDC, el PLC Logo, relés, contactor y breaker; todo esto conectado por medio de cables cubiertos por canaletas.



Figura 21-3: Montaje de los elementos dentro del gabinete

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Se procede de igual manera a realizar las perforaciones pertinentes para cada elemento de visualización como son las lámparas led piloto, pantalla TDE, y se fijan por detrás de la tapa del gabinete como se puede visualizar en la figura 22-3.



Figura 22-3: Montaje y fijación de elementos en el gabinete

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En la figura 23-3, se puede observar parte del cableado entre los distintos dispositivos de accionamiento, control e indicación que posee todo el sistema. Se tiene una distribución de voltaje de 220V en AC y 24V en DC, mismos que son divididos entre los distintos elementos de control, alimentación y visualización.



Figura 23-3: Cableado del tablero y sus componentes

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Se puede observar en la figura 24-3 cómo se ve la tapa del gabinete con todos los elementos de visualización, indicando cada accionamiento. Se puede observar en el centro a la pantalla TDE, lámparas piloto que indicaran ciertas acciones como energización del tablero, encendido de las resistencias, señales de alerta, niveles de líquido, control de encendido para resistencias, entre otras.



Figura 24-3: Visualización del tablero por afuera

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.6 Programación de LOGO y Pantalla TDE

Dentro de los requerimientos necesarios que se necesita incorporar en la extracción de aceites esenciales, es la programación por medio de diagramas de bloques donde se puede ingresar las entradas, operaciones matemáticas entre otras acciones que se realizarán con la secuencia que se desea implementar. En la figura 25-3 se puede observar la programación por diagramas de bloques.

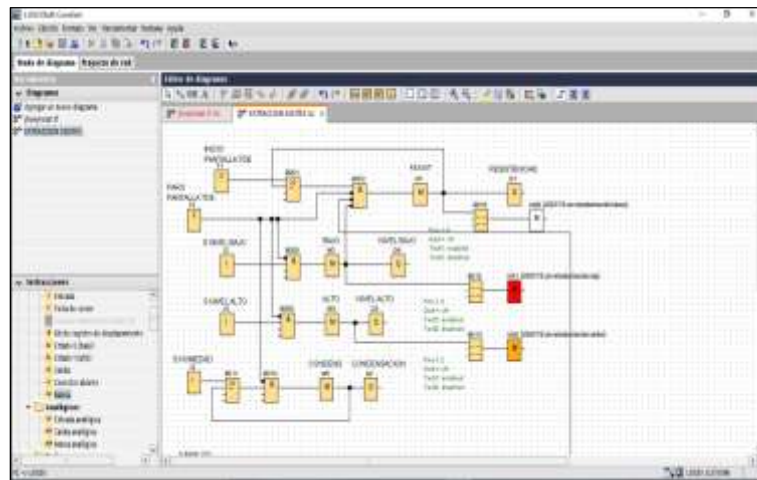


Figura 25-3: Programación de Logo por medio de diagramas de bloques

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

En uno de los bloques del diagrama se puede realizar la programación que visualiza textos en la pantalla como se puede constatar en la figura 26-3, donde se incluye mensajes de cada etapa que conforma el sistema.

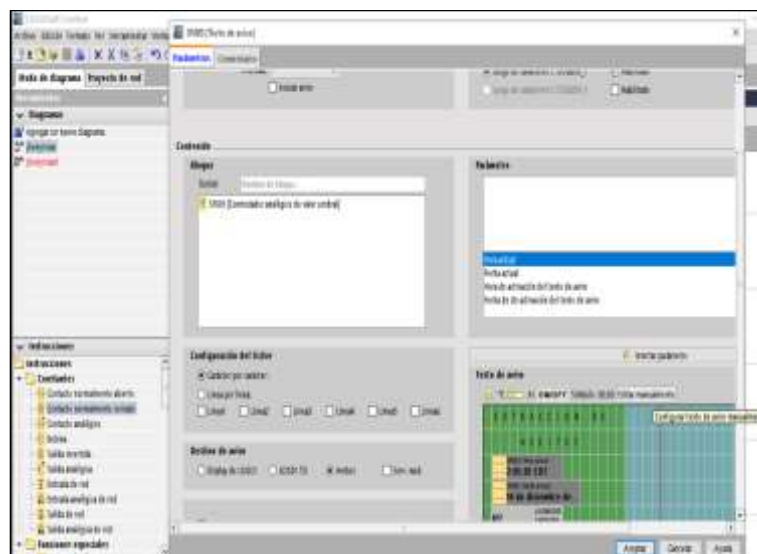


Figura 26-3: Programación de mensajes de texto

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Para la activación del llenado de agua, en la pantalla se visualiza cambio de colores, donde cada color identifica un accionamiento de interés desde el blanco cuando todo está correctamente, pasando por el color ámbar que indica que un nivel ha sido rebasado y por último al color rojo

donde se indica que el nivel es demasiado bajo. En la figura 27-3 se puede observar cómo se logra tal propósito.

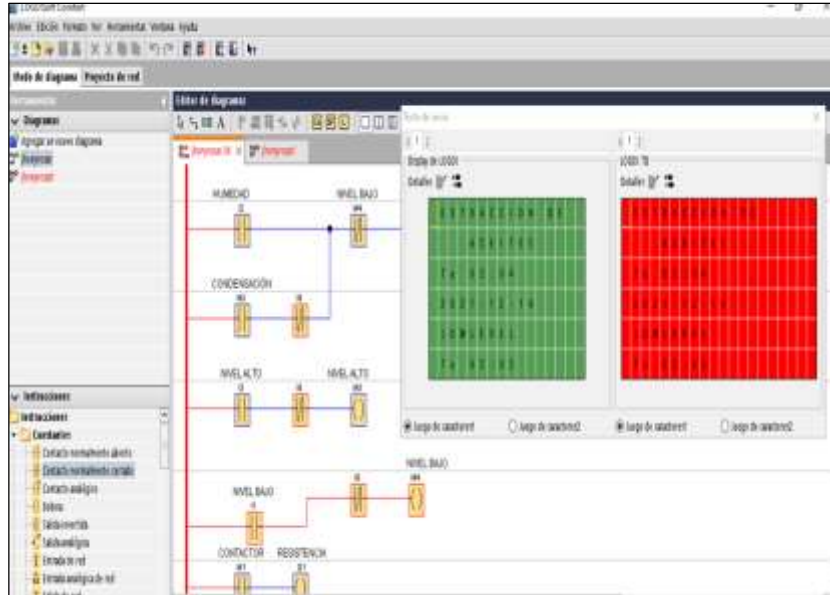


Figura 27-3: Cambio de color de pantalla

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Una vez que se realiza la programación se sube la misma hacia el logo donde se debe buscar al dispositivo mediante cable ethernet, se digita su dirección IP y se prueba si la encontró para proceder a subir la programación al Logo. En la figura 28-3, se puede observar cómo se realiza la transferencia del programa desde el software al dispositivo de control.

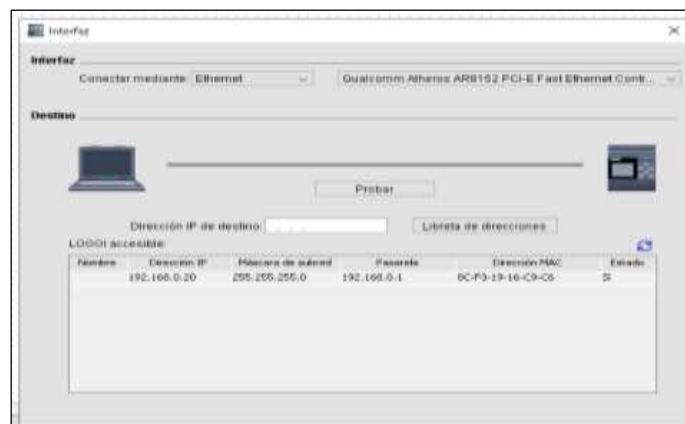


Figura 28-3: Subir la programación a LOGO

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

3.11.7 Puesta en marcha de sistema

En la figura 29-3 se observa como el sistema está corriendo después que ha sido subido satisfactoriamente al PLC y cómo es su comportamiento.



Figura 29-3: Puesta en marcha del sistema

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

CAPÍTULO IV

4 Análisis y resultados

En este apartado se desarrolla el análisis de resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas en escenarios de condiciones normales para el proceso de extracción de aceites esenciales. Las pruebas consisten en medir la eficiencia del sistema implementado, el proceso de automatizar, verificación de lectura de sensores, correcto funcionamiento de la resistencia para calentar el recipiente.

4.1 Funcionamiento del sistema

Para las pruebas realizadas en el laboratorio de procesos industriales, el sistema fue sometido a múltiples ensayos para garantizar el óptimo funcionamiento de la planta.

Del análisis realizado en el laboratorio de procesos industriales en la Facultad de Ciencias de la ESPOCH se ha determinado las siguientes observaciones:

- **Temperatura de la mezcla de agua y materia prima:** por la consistencia de la materia prima es necesario que el punto de ebullición se mantenga a una temperatura constante de 92° C.
- **Rango de temperatura para el set point:** se establece que el rango va desde 0°C hasta 100°C y en la resistencia un límite máximo de 200°C.
- **Temperatura de los sensores Pt100:** debido al rango de temperatura establecido por el fabricante, el sensor de temperatura Pt100 no debe exceder los 300°C.
- **Rango de visualización de los valores del sistema:** para los sensores Pt100 inferior y superior se establece un rango de 0°C - 300°C. El set point de 0°C - 100°C y la resistencia térmica el sensor entre 0°C - 200°C.
- **Consumo de energía:** la resistencia térmica está calculada para un consumo máximo de 14 A, una potencia de 3000W y un voltaje de 220V a 60Hz.

4.2 Pruebas De Temperatura De La Resistencia

La figura 1-4 muestra la gráfica de temperatura vs tiempo que se obtuvo al comprobar el trabajo del equipo con un controlador PI hasta su estabilización siendo de 4600 segundos con un set point de 90°C.

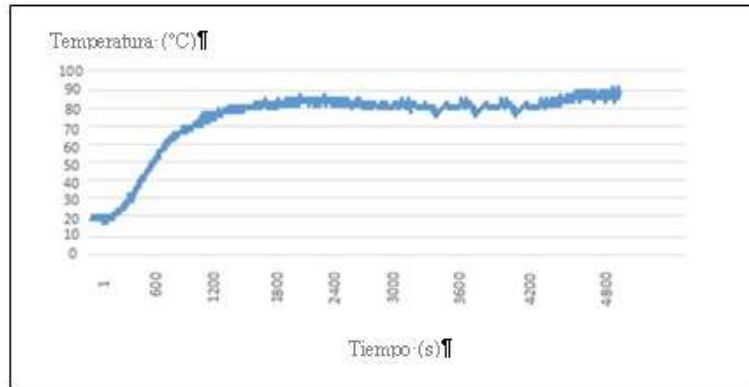


Figura 1-4: Prueba de temperatura con el set point

Fuente: Rosas, Jhonny, 2021

Para las pruebas de adquisición de datos y comprobación de estabilización del controlador, se utilizó cinco valores distintos de temperatura, para cada valor se ha considerado 15 muestras para garantizar la estabilidad del sistema en la calefacción.

En la Tabla 1-4 se puede apreciar cómo se interactúa con el set point y las muestras.

Tabla 1-4: Set point de temperatura

SET POINT [°C]	SENSOR DE TEMPERATURA (°C)	ERROR	TIEMPO [MIN]
60	60.40	0.4	30.00
	60.39	0.39	30.00
	60.38	0.38	30.00
	60.41	0.41	30.00
	60.40	0.4	30.00
	60.42	0.42	30.00
	60.40	0.40	30.00
	60.41	0.41	30.00
	60.40	0.40	30.00
	60.41	0.41	30.00
	60.40	0.40	30.00
	60.41	0.41	30.00
	60.40	0.40	30.00
	60.39	0.39	30.00
	60.41	0.41	30.00
Media		0.404	
Desviación estándar		0.00718	
Coficiente de variación %		1.78%	

70	70.40	0.40	45.00
	70.40	0.40	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.42	0.42	45.00
	70.40	0.40	45.00
	70.40	0.40	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.40	0.40	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.40	0.40	45.00
	70.41	0.41	45.00
	70.40	0.40	45.00
Media		0.4066	
Desviación estándar		0.0059	
Coefficiente de variación		1.45%	
80	80.36	0.36	60.00
	80.35	0.35	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.35	0.35	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.37	0.37	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.35	0.35	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.36	0.36	60.00
	80.37	0.37	60.00
	80.36	0.36	60.00
Media		0.36	
Desviación estándar		0.0040	
Coefficiente de variación		1.12%	

90	90.24	0.24	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.23	0.23	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.23	0.23	75.00
	90.25	0.25	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.23	0.23	75.00
	90.24	0.24	75.00
	90.23	0.23	75.00
	90.24	0.24	75.00
Media		0.238	
Desviación estándar		0.0042	
Coefficiente de variación		1.765%	
100	100.25	0.25	90.00
	100.24	0.24	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.24	0.24	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.24	0.24	90.00
	100.23	0.23	90.00
	100.25	0.25	90.00
	100.24	0.24	90.00
	100.24	0.24	90.00
	100.24	0.24	90.00
Media		0.244	
Desviación estándar		0.0057	
Coefficiente de variación%		2.34%	

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

De los datos obtenidos en la Tabla 1-4 se puede obtener como resultado que para los distintos valores del set point, el coeficiente de variación es del 2 %, un número sumamente aceptable, puesto que la estabilidad se llega a determinar por la técnica de repetibilidad en la cual indica que, si el valor es menor al 10%, el sistema se considera estable. Por tal motivo se determina que el sistema es estable.

La visualización de la temperatura es de 90°C en el proceso de destilación; variando al momento que la resistencia se va encendiendo de acuerdo a lo necesario con la lectura del sensor. En estas pruebas realizadas se determina que el tiempo de destilación con el nuevo sistema implementado es de 2 horas.

En la tabla 2-4 se pueden observar el comportamiento de las magnitudes eléctricas durante el proceso de encendido y apagado de las resistencias.

Tabla 2-4: Mediciones eléctricas

SET POINT [°C]	VOLTAJE RESISTENCIA TÉRMICA [V]	CORRIENTE RESISTENCIA TÉRMICA [A]
Nivel Bajo	220	6.99
Nivel Alto	220	6.99

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

Una vez realizada la conexión se procedió a medir la corriente en cada resistencia y como se puede observar en la figura 2-4. Donde se conecta una pinza amperimétrica para conocer el valor de la corriente que consume cada resistencia y el sistema en general. Cada resistencia consume 6.99 amperios y el sistema en general 14.4 amperios, como se muestra en la figura 3-4.



Figura 2-4: Medición de corriente en resistencias

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021



Figura 3-4: Consumo de corriente del sistema

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

En la Tabla 3-4, se puede apreciar el comportamiento de la resistencia con respecto al encendido, se puede apreciar que no existe variación en las magnitudes con respecto a la temperatura con la que se va a trabajar, garantizando de esta manera que el sistema siempre será estable en su consumo energético.

Tabla 3-4: Recopilación de datos de voltaje y corriente

SET POINT [°C]	VOLTAJE RESISTENCIA TÉRMICA [V]	CORRIENTE EN CADA RESISTENCIA TÉRMICA [A]
60	220	6.99
70	220	6.99
80	220	6.99
90	220	6.99
100	220	6.99
	POTENCIA EN CADA RESISTENCIA	6.99KW
	POTENCIA TOTAL DE SISTEMA	13.98KW

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

4.3 Pruebas de funcionamiento sensores de nivel

Los sensores de nivel de líquido permitieron controlar la cantidad máxima de agua que debe ingresar en el sistema antes de que se enciendan las resistencias. Estos dispositivos nos brindan 3 advertencias de acuerdo al nivel que se alcanza.

Cuando el operador observa el nivel del agua en la pantalla del LOGO TDE, al momento de encontrar un nivel muy bajo de agua, lo cual determina que se encuentra en una situación inoperable debido a su riesgo de que sus componentes se deterioren, se presenta la pantalla de color rojo. Como se muestra en la figura 4-4.



Figura 4-4: Aviso de pantalla en color rojo

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

El siguiente estado en la etapa de llenado de agua en el tanque extractor es el que el agua ha superado el nivel mínimo de seguridad, por lo cual los componentes eléctricos que producen el calentamiento del agua han disminuido su riesgo de daño. Esta etapa se visualiza con la pantalla en color anaranjado, como se muestra en la figura 5-4.



Figura 5-4: Mensaje de color ámbar

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

La última etapa muestra que el agua ha alcanzado el nivel máximo de agua con el que se puede realizar la extracción de aceites esenciales. Lo cual permite activar las resistencias eléctricas responsables del calentamiento del agua. La pantalla se muestra de fondo color blanco y con sus mensajes respectivos, como se muestra en la figura 6-4.



Figura 6-4: Mensaje de texto del sistema operando

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

4.4 Comparación de tiempo entre el calefactor a gas y el eléctrico implementado.

Se realiza una comparación de tiempos de extracción entre el antiguo método de calefacción a gas y el implementado actualmente. En el anterior método, los estudiantes del laboratorio de Ciencias de la ESPOCH tenían que pasar mucho tiempo encendiendo el calentador, buscando de forma manual el calor necesario con las válvulas de paso y con fugas de gas en ciertas ocasiones. En la tabla 4-4, se puede apreciar la comparación entre ambos sistemas durante el proceso de ebullición. Se muestra los valores desde su encendido hasta acabar el ciclo completo por extracción.

Tabla 4-4: Comparación de tiempos entre sistemas de calefacción

SISTEMA	TIEMPO EN COMPLETAR EL CICLO COMPLETO
Sistema a gas	3 horas
Sistema eléctrico	2 horas

Realizado por: Rosas, Jhonny, 2021

De la tabla anterior se puede asegurar que el sistema eléctrico ha cambiado al proceso de extracción de aceites y lo ha mejorado significativamente optimizando al sistema en un 33.33% de lo que se tenía en escenarios anteriores con el gas.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de control del equipo de extracción de aceites esenciales del laboratorio de procesos industriales de la facultad de Ciencias – ESPOCH, disminuyendo el tiempo de trabajo en el proceso, de más de 3 horas a 2 horas.
- De la investigación realizada sobre los diferentes métodos de control de los procesos de extracción de aceites esenciales, el arrastre de vapor, se convirtió en una parte fundamental en la implementación del sistema, el desarrollo de la investigación e implementación ha dado resultados favorables para que se pueda utilizar al sistema sin ningún tipo de inconveniente.
- Con la implementación de resistencias eléctricas, el tiempo de respuesta de todo el proceso mejoró significativamente en una hora sin la exposición a agentes peligrosos para el personal que trabajará con el prototipo, el sistema tiene ahora una mejoría del 33.33% en ahorro de tiempo para el personal que trabaja con la máquina de extracción de aceites.
- La potencia de la resistencia es de 6.99KW debido a la cantidad de agua que el sistema debe calentar. Sin embargo, es el proceso más seguro que se ha podido implementar en el laboratorio en este proceso para extraer aceites esenciales, puesto que ya no se estará exponiendo al personal a trabajos con gas y emisiones del mismo.
- Con la técnica de la repetibilidad, se demostró que para cada set point de prueba utilizado en el proceso, su variación de error es mucho menor al 10% por lo cual el sistema se considera estable en óptimas condiciones de trabajo y se puede garantizar que su desempeño será el adecuado para este fin.

RECOMENDACIONES

- Para realizar un control de las resistencias térmicas con una mayor precisión, se recomienda experimentar el uso de resistencias eléctricas junto a la función PWM del autómeta.
- Se recomienda si se desea innovar el proyecto en el ámbito de programación y monitoreo, usar el editor web “LOGO! *Web Editor*”, herramienta propia del fabricante del autómeta que permite realizar una interfaz de control para computadores, tablets o smartphones.
- Para realizar un sistema completamente automático de principio a fin, se recomienda diseñar un sistema previo a la planta de extracción de aceites esenciales el cual se encargue del lavado de la materia prima.
- Se recomienda reemplazar el barómetro de mercurio ubicado a un lado del tanque extractor de aceites esenciales por un sensor de presión piezorresistivo. Debido a que estos dispositivos permiten poder realizar monitoreos mediante el autómeta y debido a sus características de precisión y robustez.
- Se recomienda mantener limpios los tableros de control para el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos. Así mismo, la limpieza de las partes de acero inoxidable de la planta de extracción de aceites esenciales se debe realizar con agua.
- Se puede mejorar el sistema con un control remoto para que todo el personal pueda ir verificando el proceso desde la distancia, y no necesariamente estar en el laboratorio todo el tiempo que dure la extracción.

GLOSARIO

Set point: Se conoce con este nombre al punto exacto donde una señal se establece como ideal bajo parámetros con los que se desea trabajar, es decir es un punto consigna al que la variable se ajustará en un sistema.

Ebullición: Es un proceso que por medio de la elevación de temperatura ocasiona que las sustancias en estado líquido pasen al estado gaseoso.

Condensación: Se da cuando se produce un cambio de la materia del estado gaseoso al líquido

Extracción de aceites: Es una herramienta muy común para obtener el agua madre de las plantas, para usarlo como esencia para perfumes además actividades de interés. Se usan varios métodos entre ellos el arrastre de vapor.

Calibración: se compara documentalente valores entre un dispositivo de medición a calibrar y uno de referencia trazable.

Función de transferencia: Se obtiene a partir de la representación de sistemas LTI por medio de ecuaciones diferenciales

Arrastre de vapor: La materia prima entra en contacto con el vapor de agua, y se convierte en aceite esencial natural de alta pureza y calidad para los fines que se buscan.

Linealización: Consiste en encontrar una función lineal alrededor de un punto dado, para esto se debe realizar un modelamiento matemático para relacionar las variables de estudio.

Resistencia térmica: Se conoce como resistencia térmica a la propiedad del calor y la medida de diferencia de temperatura por la que un objeto va a resistir el flujo de calor que pase a través de él.

Autómata: Máquina programable que realiza actividades automáticamente realizando tareas pesadas, repetitivas o complejas con sensores permitiendo acoplarse a distintas situaciones nuevas mientras se trabaja con la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

ACÁN ASITIMBAY, F.F. y PILATAXI CHUQUI, J.L., *Diseño y Construcción de un equipo extractor de Aceites Esenciales por arrastre de vapor para Berro, Espinaca, Zanahoria* [en línea]. Tesis de Grado. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3874>.

ADELANTADO, G., *Pt100 clase B o F 0.3 ¿qué dice la norma IEC 60751? Blog de WIKA* [en línea]. 2021. [Consulta: 3 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.bloginstrumentacion.com/knowhow/pt100-clase-b-o-f-0-3-qu-dice-la-norma-iec-60751/>.

AUTYCOM, *Descubre qué es y para qué sirve un PLC. AUTYCOM* [en línea]. 2018. [Consulta: 3 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dev.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/>.

BANDWOLF y BANDWOLF, A.S., *INTRODUCCION A LA INDUSTRIA DE LOS ACIETES ESENCIALES EXTRAIDOS DE LAS PLANTAS MEDICINALES Y AROMATICAS*. [en línea]. 2018. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/#.

BAWAB, A.J.A., TORRES, J.C.P. y VÉLEZ, G.P., «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES. », 2012. pp. 114.

CHÉVEZ CHÉVEZ, H. de L.C., CORONADO VELÁSQUEZ, A.F. y ESPINOZA SUAZO, L.R., «Determinación y comparación de propiedades físico-químicas de dos aceites de pino (*Pinus oocarpa schiede*) extraídos mediante las técnicas de soxhlet y clevenger. », 2014. pp. 108-108.

EDITORIAL, *Propiedades del aceite esencial de romero. Botanical-online* [en línea]. 2019. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/aceite-esencial-romero-propiedades>.

ELECTROCREA, *ZP5210 Sensor de nivel de agua vertical— ElectroCrea*. [en línea]. 2021. [Consulta: 3 noviembre 2021]. Disponible en: <https://electrocrea.com/products/sensor-de-nivel-de-agua>.

GONZÁLEZ, R., *Condensación: ¿Qué es? Tipos, Proceso y Ejemplos*. [en línea]. 2019. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaohoy.com/condensacion>.

KABUBA, J. y HUBERTS, R., «Steam extraction of essential oils: Investigation of process parameters. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*», 2009. vol. 87, no. 6, pp. 915-920. ISSN 00084034, 1939019X. DOI 10.1002/cjce.20236.

MARTÍN, J.C. y GARCÍA, M.P., *Automatismos Industriales*. 1ra Edición. Madrid: Editorial Editex, S.A. 2009. ISBN 978-84-9771-534-8.

MASTER PLC, *LOGO Soft Comfort V8.3 última actualización para PLC LOGO. MasterPlc.com* [en línea]. 2018. [Consulta: 8 noviembre 2021]. Disponible en: <https://masterplc.com/software/logo-soft-comfort/>.

MAXIWATT, *Fórmulas | Calidad*. [en línea]. 2021. [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.resistencias.com/esp/formulas.php>.

OGATA, K., *Ingeniería de control moderna*. 5 edición. S.l.: Pearson. 2010. ISBN 978-84-8322-660-5.

PEREDO, H.A., PALOU, E. y LÓPEZ, A., *Aceites esenciales: métodos de extracción*. TSIA [en línea]. 2017. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>.

PUNINA, D.O.P. y CHICAIZA, F.D.Q., *Desarrollo de un Sistema de Extracción de Aceites Esenciales* [en línea]. Tesis de Grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2010. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1710>.

QUINTE QUINTE, J.D., *Monitoreo de procesos industriales a través del servidor web del controlador LOGO V8*. [en línea]. Proyecto de Titulación. Quito-Ecuador: Instituto Tecnológico Superior Nueva Vida. 2018. [Consulta: 3 noviembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/66>.

RASSEM, H.H.A., NOUR, A.H. y YUNUS, R.M., «Techniques For Extraction of Essential Oils From Plants: A Review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*», 2016. pp. 11.

SASIR ALEJANDRO, *Industriasgsl.com / Venta de Suministros Industriales. Industrias GSL* [en línea]. 2021. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.industriasgsl.com/>.

SIEMENS, V.A., «Kit LOGO! 8.3 - 230RCE con conectividad a la nube. », 2021. pp. 2.

SRC, *Tipos de SENSORES de Temperatura y sus diferencias | SRC. Sistemas de Regulación y Control, S.L.U., Especialistas en temperatura y control de procesos* [en línea]. 2018. [Consulta: 3 noviembre 2021]. Disponible en: <https://srsl.com/tipos-sensores-temperatura/>.

TP LAB. QUÍMICO, *¿Qué es la Destilación? » TP - Laboratorio Químico. TP - Laboratorio Químico* [en línea]. 2015. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilacion.html>.

UNISIMA, *Aceite de Hierba Luisa: Contraindicaciones, Beneficios y Propiedades. Unisima.com* [en línea]. 2018. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://unisima.com/salud/aceite-esencial-hierba-luisa/>.

VILLAVARDE, I.C., *Optimización De la Extracción de Aceites Esenciales por Destilación de Vapor* [en línea]. Trabajo de Grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2018. Disponible en: http://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVARDE.pdf.

ANEXOS

ANEXO A. Datasheet de autómata LOGO! V8

SIEMENS

Data sheet

6ES7105-1CC05-0BA0

LOGO! 24CE, logic module, Display PS/IO: 24 V/24 V/24 V data, 8 DI (AI)/4DO, memory 400 blocks, modular expandable, Ethernet integr. web server, data log, user-defined Web pages, standard microSD card for LOGO! Soft Comfort V8 or higher, older projects executable



Figure 1/10

Display	
with display	Yes
Installation requirements	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Time of day	
Time switching blocks	
• Number	400, Max. 400, function-specific
• Power reserve	400 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8, Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V)

ANEXO B. Datasheet HMI LOGO! TDE

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1055-4MH06-0BA0

LOGO! TD Display texto, 6



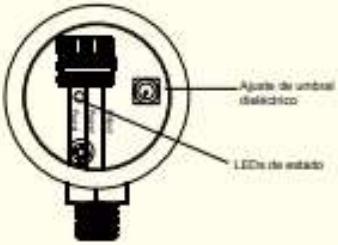

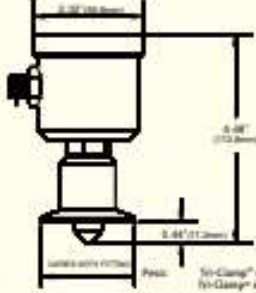
Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	LOGO! TDE
Aptitud para el uso	Aplicable a partir de LOGO! 8
Display	
Tipo de display	FSTN
Visualización por líneas	
• Número de líneas	6
• Nº de caracteres por línea	20
Retroluminación	
• Tipo de retroluminación	LED
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas del sistema	Sí
— Número de teclas de sistema configurables	0
• Teclado alfanumérico	No

Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	AC/DC
Valor nominal (DC)	12 V, 12/24 V DC, 24 V AC
Pérdidas	
Pérdidas, tip.	1,8 W; Con 24 V DC
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Funciones de diagnóstico	No
Grado de protección y clase de protección	
IP (frontal)	IP65
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	SI
Homologación UL	SI
Homologación FM	SI
Homologación KC	SI
Homologaciones navales	
<ul style="list-style-type: none"> American Bureau of Shipping (ABS) 	SI
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
<ul style="list-style-type: none"> mín. máx. 	-20 °C; Sin condensación 55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
<ul style="list-style-type: none"> mín. máx. 	-40 °C 70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
<ul style="list-style-type: none"> Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación 	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 796 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Configuración	
Software de configuración	
<ul style="list-style-type: none"> Herramienta de configuración 	LOGO! Soft Comfort VB
Accesorios	
Forma parte del producto	LOGO!
Elementos mecánicos/material	
Tipo de caja	plástico
Dimensiones	
Ancho	128,2 mm
Alto	86 mm
Profundidad	38,7 mm

ANEXO C. Datasheet de sensor de temperatura Pt100

Especificaciones	
Especificaciones de operación y medioambientales	
Límites de temperatura ambiente:	-10 a 60 °C (14 a 140 °F)
Clasificación de presión:	10 barías (150 PSI) máximo
Límites de temperatura de proceso:	0 a 100 °C (32 a 212 °C)
Limpieza en el lugar:	150 °C (302 °F) máximo 60 minutos
Función:	El cableado determina si la señal es llena o vacía
Tiempo de respuesta:	0,1 seg.
Umbral dieléctrico mínimo:	Seleccionable de 20 a 70
Especificaciones eléctricas	
Requisitos de voltaje:	18 a 36 V CC (± 20 mA)
Consumo de energía:	Tipo de 0,6 W (es decir, de 25 mA a 24 V CC)
Salida de señal:	Suministro de PNP (activo de 50 mA) NPN opcional: Disminución (máximo de 50 mA)
Energía de transmisión de señal:	≤ 1 mW
Conexión:	Un conector eléctrico micro mini M12 de 5 clavijas (RDII)
Especificaciones mecánicas	
Materiales bañados:	Acero inoxidable 316L, PEEK
Acabado bañado:	Superior a 30
Material de la cubierta:	Cubierta, tapa y conexión roscada de acero inoxidable de serie 300 (superficies que no sean de contacto)
Protección de caja:	NEMA 4X, IP69K
Aprobación de agencia:	Cumple las normas CE. Cumple las normas 5-A, verificado por terceros de acuerdo con la norma 74-03
Indicador visual	Indicador LED de estado: Rojo - Sonda sumergida Verde - Sonda en seco
Garantía:	2 años

Peso: 3½-Clamp® de 2 pulg. 0,84 kg (1,86 lb)
3½-Clamp® de 2,5 pulg. 0,75 kg (1,65 lb)

CÓMO REALIZAR UN PEDIDO

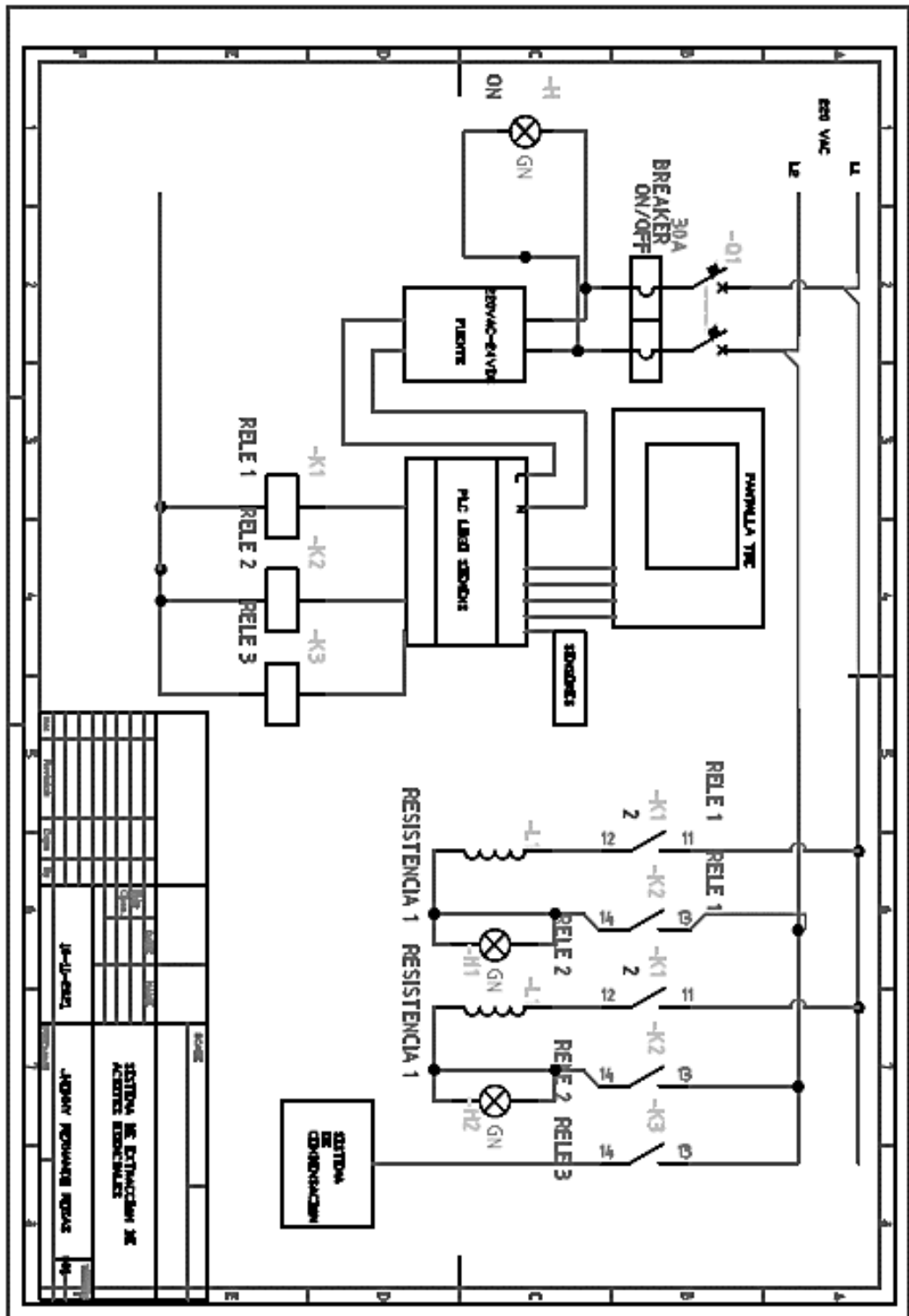
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LS</div>																					
3	TIPO DE SALIDA	1	000	004	005	105	0	1	3	2	00	01	05	10	15	20	21	22	LONGITUD DE LA Sonda	Configuración típica:		
	PNP - Fuente		Estándar	3½-Clamp® de 1,5 pulg.	3½-Clamp® de 2 pulg.	Conexión de base G1/2 pulg. (no cumple con la norma 3-A)	Sin ventana, tapa ciega	Ventana para visualización y luces indicadoras de estado	Estándar	Dieléctricos desde 2 a 20 (pedido especial)	RDII - Receptáculo de desconexión rápida	RDII con CCFA sin cable	RDII con CCFA y cable de 7,6 m (25 pies)	RDII con CCFA y cable de 15,2 m (50 pies)	RDII con CCFA y cable de 22,9 m (75 pies)	RDII con CCFA y cable de 30,5 m (100 pies)	RDII con CCFA y cable de 38,1 m (125 pies)	RDII con CCFA y cable de 45,7 m (150 pies)	000	LS10051101000	Interruptor de nivel con Salida de fuente de PNP 3pulg.	
	NPN - Disminución (pedido especial)		50 mm (2 pulg.)						Sólo están disponibles las opciones de longitud de sonda estándar y de 2 pulg.	CCFA - Conector con cable flexible aislado								100		3½-Clamp® Conexión de proceso, Ventana de visualización, Conector con cable FLEXIBLE aislado y		
			100 mm (4 pulg.)															150		Sonda estándar		
			150 mm (6 pulg.)															200				
			200 mm (8 pulg.)															250				
			250 mm (10 pulg.)																			

Anderson Instrument Company
176 Anderson Road
Falmouth, ME 04101

Phone 800-833-0080
Fax 207-823-8907
info@anderson-nega.com

Tech Support:
techsupport@anderson-nega.com
Phone 800-833-0080

ANEXO D. Plano eléctrico del sistema



ANEXO E. Manual de operación de la planta de extracción de aceites esenciales

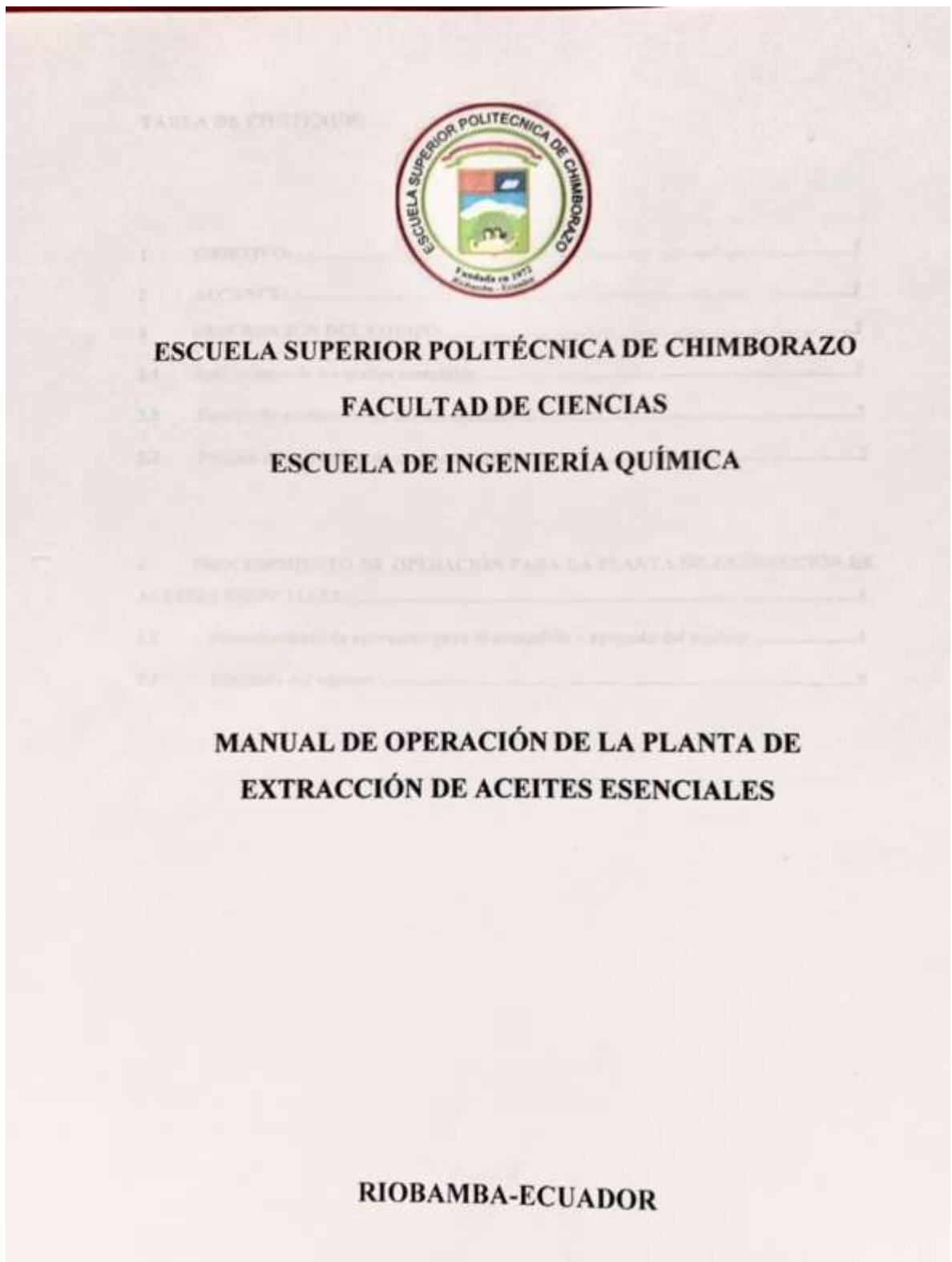


TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVO:	2
2	ALCANCE:	2
3	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	2
3.1	Aplicaciones de los aceites esenciales:	2
3.2	Equipo de extracción de aceites esenciales:	2
3.3	Proceso de extracción de aceites esenciales:	2
3.4	APLICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES:	
4	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN PARA LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES:	4
4.1	Procedimiento de operación para el encendido y apagado del equipo:	4
4.2	Limpieza del equipo:	5

1 OBJETIVO:

Este manual tiene como objetivo brindar al operador una guía básica del sistema, permitiéndole adquirir la información necesaria para el correcto uso del equipo, siendo éste una herramienta al que se pueda acudir en cualquier momento o situación.

2 ALCANCE

Extracción de aceites esenciales de todo tipo de plantas.

3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

3.1 APLICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES:

La producción de aceites esenciales es uno de los principales procesos donde se aplica la destilación por arrastre de vapor de agua. Los aceites esenciales están constituidos químicamente por terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, etc.) y fenilpropanoides, compuestos que son volátiles y por lo tanto, se pueden arrastrar por vapor de agua. Las esencias son utilizadas en las industrias químicas, alimenticias, farmacéuticas y de fragancias. Algunos ejemplos son los siguientes: -Industria cosmética y farmacéutica: como perfumes, conservantes, saborizantes, principios activos, etc. -Industria alimenticia y derivados: como saborizantes para todo tipo de bebidas, helados, galletitas, golosinas, productos lácteos, etc.

3.2 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES POR ARRASTRE DE VAPOR:

En este proceso, la materia prima que puede estar molida, en trozos o entera ingresa a un recipiente llamado hidro-destilador. Se inyecta vapor de agua a la mezcla por medio de un distribuidor interno, o este vapor se puede generar localmente mediante un hervidor o generarse en la base del recipiente. Mientras el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima va liberando el aceite mientras se va calentando y por las características propias de volatilidad se evapora, el aceite sube corriente arriba mediante el vapor hasta el tope del recipiente.

La mezcla de aceite y vapor llegan a condensador mediante un cuello de cisne, dentro del condensador la mezcla se enfría hasta la temperatura ambiental. El condensador a su salida tiene como resultado una mezcla líquida inestable, misma que ingresa a un decantador para separar el aceite esencial.

A continuación, se presenta una explicación generalizada de las partes que conforman un destilar simple, cada componente será explicado cómo funciona.

Recipiente extractor:

Es un recipiente de acero inoxidable en el cual se depositarán el agua a calentar y la materia prima que se pretende extraer el aceite esencial. Dentro de éste, se encuentran incorporados 2 sensores de nivel y 2 resistencias eléctricas, las cuales permiten la operación automática de la planta.

Mangueras de goma flexible:

Es un conducto que cumple la función de transportar agua fría hacia el condensador y regresar el agua caliente al sistema de enfriamiento.

Sistema de enfriamiento:

Es el equipo que regula la temperatura del agua que circula por el condensador, se encuentra conectado por medio de las mangueras de goma flexible y una bomba al condensador.

Sensores de nivel:

Insertados dentro del recipiente extractor para detectar el volumen de agua dentro de éste. Nos permite reconocer los niveles alto y mínimo para la operación de extracción de aceites esenciales.

Condensador:

Es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, pasando de estado gaseoso a estado líquido, el otro se calienta. En este caso el vapor pierde energía térmica, se enfría y vuelve a la fase líquida. Para acelerar el proceso se

utilizan métodos de convección forzada, mediante la circulación de fluidos que pueden ser aire o agua a baja temperatura alrededor del conducto, a través del cual fluye el vapor.

Recipiente recolector de agua floral:

Es un recipiente en el cual se recolecta el fluido que ha sido sometido a la destilación.

El agua floral debe reposar en este recipiente para luego separar el aceite esencial contenido en este líquido.

4 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN PARA EL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES:

Para poder operar el equipo se debe seguir los siguientes pasos:

4.1 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN PARA EL ENCENDIDO Y APAGADO DEL EQUIPO:

- Lavar las hojas o parte de la planta que se someterá a extracción dejar secar al ambiente por unos 10 minutos en caso de ser necesario (si hay presencia de impurezas).
- Picar las partes de la planta de acuerdo a la cantidad indicada por el asistente.
- Pesarse el vegetal picado y luego ir colocando en cada uno de los recipientes de carga destinado para aquello.
- Colocar los recipientes con vegetal en el interior del recipiente extractor.
- Verificar que la llave de purga del extractor se encuentre cerrada.
- Conectar el sistema de control y enfriamiento a una fuente de 220V.
- Conectar la bomba de circulación de agua del sistema de enfriamiento a una fuente de 110V.
- Encender el sistema de control de la planta de extracción. (**PRECAUCIÓN:** no activar el calentamiento del recipiente extractor)

- Alimentar con agua el recipiente extractor hasta que el sistema de control muestre en pantalla que se ha alcanzado el nivel alto.
- Asegurar herméticamente la tapa con sus respectivos seguros para evitar que exista fuga de vapor.
- Colocar el sensor Pt100 en la ranura de la tapa del recipiente extractor.
- Acoplar el condensador a la tapa del extractor y asegurarla herméticamente.
- Colocar el sensor de humedad en la ranura de la salida del condensador.
- Acoplar la tubería del sistema de recirculación del refrigerante por medio de una unión universal.
- Verificar que esté cerrado la llave de desfogue del tanque de recirculación.
- Pulsar el botón de encendido del sistema de calentamiento.
- Verificar en la pantalla del tablero de control que el sistema se encuentra en operación.
- A partir de ahora el sistema de control se encargará de controlar la temperatura dentro del recipiente extractor, la activación del sistema de enfriamiento y el apagado del sistema general al terminar por completo con el proceso de extracción de aceites.
- **¡IMPORTANTE!:** En caso de fallo de algún componente del sistema durante el proceso de calentamiento, apagar el sistema pulsando el botón de PARO DE EMERGENCIA.

4.2 LIMPIEZA DEL EQUIPO:

La limpieza del equipo mecánico se la realiza con el equipo apagado. Se retira la tapa del recipiente extractor, se abre la llave de desfogue de agua restante y se extrae la materia prima usada. Se lavan las bandejas y el tanque extractor con agua.