



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“Diseño y construcción de una máquina recuperadora de thinner en los procesos automotrices de chapa y pintura realizados en la ciudad de Riobamba”**

**Olga Cristina Arteaga Mazón**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Previo a la obtención del Título de:**

# **INGENIERA AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

---

**CERTIFICADO DE APROBACION DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2019-03-15

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

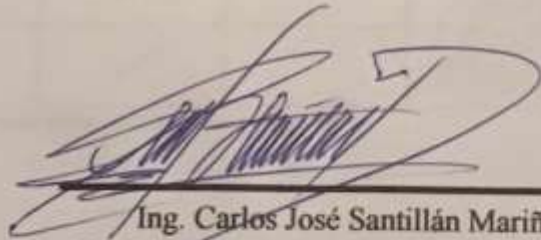
**OLGA CRISTINA ARTEAGA MAZÓN**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA RECUPERADORA DE  
THINNER EN LOS PROCESOS AUTOMOTRICES DE CHAPA Y PINTURA  
REALIZADOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERA AUTOMOTRIZ**



---

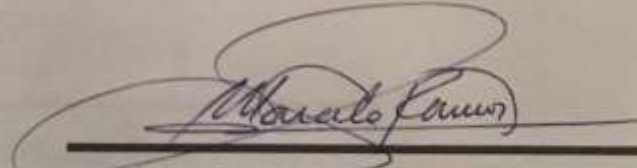
Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



---

Ing. Milton Israel Quinga Morales  
**DIRECTOR**



---

Dr. Juan Marcelo Ramos Flores

**MIEMBRO**


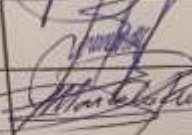

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** OLGA CRISTINA ARTEAGA MAZÓN

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA RECUPERADORA DE THINNER EN LOS PROCESOS AUTOMOTRICES DE CHAPA Y PINTURA REALIZADOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA"

**Fecha de Examinación:** 2019-07-23

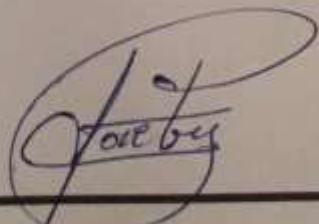
**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>	✓		
Ing. Milton Israel Quinga Morales <b>DIRECTOR</b>	✓		
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores <b>MIEMBRO</b>	✓		

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORIA**


El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



**Olga Cristina Arteaga Mazón**  
Cedula de identidad: 020182723-5

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Olga Cristina Arteaga Mazón, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



**Olga Cristina Arteaga Mazón**  
Cedula de identidad: 020182723-5

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro principalmente a Dios que me dio su bendición para obtener este preciado título académico, a cada miembro de mi familia por su apoyo incondicional en cada una de mis decisiones morales y académicas, por ser el pilar para el desarrollo intelectual, emocional y físico de mi tan anhelada meta.

*Olga Cristina Arteaga Mazón*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su bendición para cumplir esta meta.

A mi familia por acompañarme toda la vida y ser el soporte económico y moral desde el principio de mis estudios y durante mi desarrollo académico.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser fuente de sabiduría, por brindarme sus conocimientos e inculcarme valores éticos y morales para el desarrollo de una mejor sociedad y conseguir el buen vivir.

A cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz que con su conocimiento y respeto me supieron compartir a lo largo de mi vida universitaria; a mis amigos y compañeros de aula que con nuestro esfuerzo en equipo cumplimos la meta anhelada de ser ingenieros automotrices.

***Olga Cristina Arteaga Mazón***

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL .....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	2
1.3	Justificación .....	2
1.3.1	<i>Justificación teórica</i> .....	2
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	3
1.3.3	<i>Justificación práctica</i> .....	3
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	5
2.1	Solventes.....	5
2.1.1	<i>Tipos</i> .....	5
2.1.1.1	<i>Solventes polares</i> .....	5
2.1.1.2	<i>Solventes apolares</i> .....	6
2.1.1.3	<i>Solventes orgánicos</i> .....	7
2.1.1.4	<i>Thinner</i> .....	7
2.1.1.4.1	<i>Tipos</i> .....	7
2.1.1.4.2	<i>Composición</i> .....	8
2.1.1.4.3	<i>Propiedades</i> .....	9
2.1.1.4.4	<i>Toxicidad</i> .....	9
2.2	Pinturas .....	10
2.2.1	<i>Tipos</i> .....	10
2.2.2	<i>Componentes de una pintura</i> .....	11
2.2.3	Pintura automotriz .....	13
2.2.3.1	<i>Función</i> .....	14



2.2.3.2	<i>Tipos</i> .....	15
2.3	Destilación .....	16
2.3.1	<i>Métodos de destilación</i> .....	16
2.3.2	<i>Tipos de destilación</i> .....	18
2.3.2.1	<i>Destilación simple</i> .....	18
2.3.2.2	<i>Destilación fraccionada</i> .....	19
2.3.2.3	<i>Destilación por arrastre de vapor</i> .....	20
2.4	Purificador de thinner por destilación simple.....	21
2.4.1	<i>Objetivos del destilador de thinner</i> .....	21
2.4.2	<i>Principio de operación del destilador simple de thinner</i> .....	22
2.4.3	<i>Variable de operación del destilador simple de thinner</i> .....	22
2.5	Diseño.....	24
2.5.1	<i>Metodología de diseño</i> .....	24
2.5.2	<i>Modelo de diseño</i> .....	24
2.5.2.1	<i>Modelo descriptivo</i> .....	24
2.5.2.2	<b>Modelo prescriptivo</b> .....	25
2.5.2.3	<b>Modelo cognitivo</b> .....	28
2.5.2.4	<b>Modelo computacional</b> .....	28
2.6	<b>Procesos de manufactura</b> .....	28
2.6.1	<b>Procedimiento de producción</b> .....	29
2.6.2	<b>Recomendaciones para la construcción</b> .....	30
2.6.2.1	<b>Materiales</b> .....	37

### CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	39
3.1	Parámetros de diseño .....	39
3.1.1	<i>Balance de masa</i> .....	39
3.1.2	<i>Balance de energía</i> .....	39
3.1.3	<i>Calor aprovechado</i> .....	39
3.2	Variables de diseño.....	40
3.2.1	<i>Seguridad</i> .....	40
3.2.2	<i>Normas de homologación</i> .....	40
3.3	Diseño del equipo .....	40
3.3.1	<i>Cálculo de tanque de ebullición</i> .....	40
3.3.1.1	<i>Calculo de la altura de cilindro</i> .....	40
3.3.1.2	<i>Volumen de trabajo máximo</i> .....	41
3.3.1.3	<i>Volumen mínimo de trabajo</i> .....	41

3.3.1.4	<i>Calculo de la masa del volumen diluido</i> .....	42
3.3.1.5	<i>Calculo de la masa del volumen evaporado</i> .....	42
3.3.2	<i>Balance de masa</i> .....	43
3.3.2.1	<i>Balance de masa total</i> .....	45
3.3.2.2	<i>Balance de masa del soluto</i> .....	45
3.3.3	<i>Balance de energía</i> .....	45
3.3.3.1	<i>Cálculo del calor aprovechado en el evaporador</i> .....	45
3.3.4	<i>Especificaciones del diseño</i> .....	45
3.4	Construcción del equipo .....	48
3.4.1	<i>Planos</i> .....	48
3.5	Pruebas y funcionamiento .....	49
3.5.1	<i>Prueba 1</i> .....	49
3.5.2	<i>Prueba 2</i> .....	50
3.5.3	<i>Prueba 3</i> .....	50
3.5.4	<i>Prueba 4</i> .....	51
3.5.5	<i>Prueba 5</i> .....	51
3.6	Análisis de resultados .....	52
3.6.1	<i>Manual de operación</i> .....	54
3.6.2	<i>Manual de mantenimiento</i> .....	58

#### CAPÍTULO IV

4	ESTUDIO DE COSTOS .....	60
4.4	Costos directos.....	60
4.5	Costos indirectos .....	61
4.6	TIR.....	62
4.6.1	Costos Totales .....	62
4.7	VAN .....	63
	CONCLUSIONES .....	64
	RECOMENDACIONES.....	65

#### BIBLIOGRAFÍA

#### ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Sistema de destilación instantánea.....	18
<b>Figura 2-2:</b> Modelo descriptivo lineal del diseño.....	24
<b>Figura 3-2:</b> Modelo prescriptivo del diseño de Dym.....	25
<b>Figura 4-2:</b> Modelo prescriptivo del diseño de Roth.....	26
<b>Figura 5-2:</b> Modelo prescriptivo del diseño de Pahl y Beitz.....	27
<b>Figura 6-2:</b> Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto.....	30
<b>Figura 7-2:</b> Cubierta metálica.....	31
<b>Figura 8-2:</b> Calentador del sistema.....	32
<b>Figura 9-2:</b> Tanque de ebullición.....	32
<b>Figura 10-2:</b> Termómetro de bulbo.....	33
<b>Figura 11-2:</b> Válvulas de control de paso 1/4”.....	34
<b>Figura 12-2:</b> Tuberías.....	34
<b>Figura 13-2:</b> Condensador.....	35
<b>Figura 14-2:</b> Bomba de agua sumergible.....	36
<b>Figura 15-2:</b> Depósito de líquido destilado.....	36
<b>Figura 16-3:</b> Diseño de la maquina recuperadora de thinner.....	47
<b>Figura 17-3:</b> Máquina recuperadora de thinner.....	48
<b>Figura 18-3:</b> Interior de la máquina recuperadora de thinner.....	48
<b>Figura 19-3:</b> Tanque de ebullición con papel filtro.....	55
<b>Figura 20-3:</b> Aseguramiento de tanque de ebullición.....	55
<b>Figura 21-3:</b> Depósito de agua.....	56
<b>Figura 22-3:</b> Válvulas de paso 1/4” accionadas.....	56
<b>Figura 23-3:</b> Salida de thinner.....	56
<b>Figura 24-3:</b> Alimentación de corriente.....	57
<b>Figura 25-3:</b> Regulador de caudal de agua.....	57
<b>Figura 26-3:</b> Calentador encendido.....	57
<b>Figura 27-3:</b> Entrada de solvente.....	58
<b>Figura 28-3:</b> Inicio de funcionamiento del calentador.....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Temperaturas en la etapa de calentamiento y evaporación.....	23
<b>Gráfico 2-2:</b> Masa de agua evaporada en la etapa de evaporación.....	23
<b>Gráfico3-3:</b> Variable del proceso.....	43
<b>Gráfico 4-3:</b> Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 1).....	49
<b>Gráfico 5-3:</b> Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 2).....	50
<b>Gráfico 6-3:</b> Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 3).....	50
<b>Gráfico 7-3:</b> Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 4).....	51
<b>Gráfico 8-3:</b> Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 5).....	51
<b>Gráfico 9-3:</b> Calor aprovechado en la máquina recuperadora de thinner.....	52
<b>Gráfico 10-3:</b> Balance de energía en la máquina recuperadora de thinner.....	53
<b>Gráfico 11-3:</b> Eficiencia en la máquina recuperadora de thinner.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Componentes del Thinner.....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Composición del Thinner.....	9
<b>Tabla 3-2:</b> Propiedades Físico-Químicas del Thinner.....	9
<b>Tabla 4-3:</b> Composición del Thinner (Calores de vaporización).....	44
<b>Tabla 5-3:</b> Entalpías de las corrientes del destilador.....	44
<b>Tabla 6-3:</b> Especificaciones para diseño de la maquina recuperadora de thinner.....	47
<b>Tabla 7-3:</b> Denominación y codificación de la máquina recuperadora de thinner.....	48
<b>Tabla 8-4:</b> Costos directos.....	60
<b>Tabla 9-4:</b> Costos indirectos.....	61
<b>Tabla 10-4:</b> Costos totales.....	62
<b>Tabla 11-4:</b> Inversión total.....	62
<b>Tabla 12-4:</b> Ingreso anual.....	62
<b>Tabla 13-4:</b> Egreso anual.....	62
<b>Tabla 14-4:</b> Flujo de caja.....	63
<b>Tabla 15-4:</b> TIR.....	63
<b>Tabla 16-4:</b> VAN.....	63

## LISTA DE SIMBOLOGÍA

h	Altura	mm
h <sub>M</sub>	Altura máxima	cm
h <sub>m</sub>	Altura mínima	cm
V	Corriente eléctrica	V
ρ <sub>thinner</sub>	Densidad del thinner	gr/mL
∅	Diámetro	cm
H-max	Elevación máxima	m
H <sub>A</sub>	Entalpía de alimentación	KJ/kg
H <sub>C</sub>	Entalpía del concentrado	KJ/kg
H <sub>V</sub>	Entalpía del evaporado	KJ/kg
F <sub>A</sub>	Flujo de alimentación	L
F <sub>C</sub>	Flujo de condensación	L
F <sub>E</sub>	Flujo de evaporación	L
X	Fracción de resina epoxica	%
Y	Fracción de thinner	%
m	Masa	gr
M <sub>A</sub>	Masa de alimentación	gr
M <sub>C</sub>	Masa del concentrado	gr
M <sub>V</sub>	Masa del evaporado	gr
m <sub>e</sub>	Masa volumen evaporado	gr
P	Potencia	W
T <sub>1</sub>	Temperatura de alimentación	°C
T	Temperatura del fluido	°C
T <sub>tamb</sub>	Temperatura del tambor de destilación	°C
T <sub>f</sub>	Temperatura final	°C
T <sub>i</sub>	Temperatura inicial	°C
t <sub>c</sub>	Tiempo de calentamiento	min
t	Tiempo de ebullición	min
V <sub>M</sub>	Volumen máximo	cm <sup>3</sup>

V<sub>m</sub> Volumen mínimo

cm<sup>3</sup>

## LISTA DE ABREVIATURAS

A	Masa acumulada
AISI	American iron and Steel institute
ASTM	American society for testing and materials
BTH	Bimetal thermostat for oven
C	Carbono
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
COV's	Compuestos orgánicos volátiles
DI	Desionizada
E	Masa de entrada
H	Hidrógeno
H <sub>2</sub> O	Agua
INEN	Instituto ecuatoriano de normalización
K	Componentes
MSDS	Material safety data sheet
N	Nitrógeno
O	Oxígeno
PA	Presión A
PB	Presión B
PT	Presión total
PU	Poliuretano
S	Masa de salida
THF	Tetrahidrofurano

## **ANEXOS**

**Anexo A.** INFORMES DE MUESTRAS

**Anexo B.** PLANOS DE CONSTRUCCIÓN



## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal realizar el diseño y construcción de una máquina recicladora de thinner usado en los procesos de chapa y pintura, para reutilizar el disolvente, economizar recursos reducir el impacto al medio ambiente. La máquina recicladora de thinner se dimensiono considerando a las especificaciones físicas y químicas de los compuestos utilizados en los procesos de chapa y pintura, en los procedimientos para destilar y purificar el compuesto, según la identificación del método de diseño que se va a emplear y el procesos de manufactura adecuado para los materiales y equipos disponibles para nuestro medio. El proyecto se basa en parámetros de normalización, variables de funcionamiento y cálculos para el dimensionamiento del diseño del equipo, la ilustración del esquema del diseño se realizó con el software CAD (Solidworks) para establecer su geometría y el análisis de simulaciones se realizó con el software CAE (Ansys Workbench), la construcción se estableció según el diseño realizado y se aplicó los resultados de los análisis para emplear las mejores características de manufactura para cada elemento que conforma el equipo, con un nivel de calidad, aceptable a las exigencias del funcionamiento. Las pruebas que permiten la validación del equipo se realizó mediante un muestreo a diversos ejemplares de disolvente utilizados en el proceso de pintura en el área automotriz. La circulación de thinner usado por medio del proceso de destilación genera thinner reciclado y residuos sólidos que reduce los impactos ambientales que produce la pintura. La construcción de la máquina recuperadora de thinner aplica la ingeniería de aplicación universal, proporcionando calidad en su funcionamiento, así como resistencia mecánica y costos de fabricación accesible. La validación tiene una eficiencia aceptable de funcionamiento como volúmenes de thinner reciclados ayudando a la reducción de la contaminación. Mediante la máquina recicladora obtenemos la reutilización del thinner con un rendimiento mayor al cincuenta por ciento, siendo un proceso eficiente para economizar gastos en la adquisición de thinner y reducir el impacto contaminante al medio ambiente.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MAQUINA RECICLADORA>, <REUTILIZACIÓN>, <THINNER (PERCLOROETILENO) >, <CHAPA>, <PINTURA>, <AUTOMOTRIZ>, <DESTILACIÓN>, <PURIFICACIÓN>



26-07-2019

## ABSTRACT

The present degree work has as main objective to realize a design and construction of a recycling machine of thinner using sheet metal and paint processes to reuse the thinner, to economize resources, and to reduce the impact to the environment. The recycling machine of thinner was dimensioning considering the components physical and chemical specifications used in the sheet metal and paint processes, in the procedures for distilling and purifying the compound, according to the design method identification that will be used and the manufacturing process adjusted for the materials and the available machines for our environment. The project is based on normalizing parameters, operating variables, and calculations for the dimensioning of the machine design, the design schema illustration was realized with the CAD software (Solidworks) to establish its geometry, and the simulations analysis was done with the CAE software (Ansys Workbench), the construction was established according to the realized design and the analysis results were applied to use the best manufacturing characteristics to each element that conforms the machine, with an acceptable quality level to the functioning exigencies. The tests which allow the machine validation were realized through a sampling to different thinner examples used in the painting process in the automotive area. The thinner circulation used through the distillation process generates recycled thinner, and solid residues which reduces the environment impacts that the paint produces. The thinner recovery machine construction uses the universal application, giving quality on its performance, as well as, mechanical resistance and accessible production costs. The validation has an acceptable functioning efficiency with recycled thinner levels, helping to the contamination reduction. Through the use of the recycling machine we will obtain the thinner reutilization with a higher performance to the fifty percent, being an efficient process to economize costs in the thinner acquisition and to reduce the contaminating impact to the environment.

**KEY WORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <RECYCLING MACHINE>, <REUTILIZATION>, <PERCHLOROETHYLENE>, <SHEET METAL>, <PAINTING>, <AUTOMOTIVE>, <DISTILLATION>, <PURIFYING>



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto desarrolla el diseño y construcción de una máquina recicladora de thinner usado en los procesos de chapa y pintura, mediante el proceso de destilación para reducir el impacto ambiental y el costo de adquisición.

Teniendo como objetivos el diagnóstico del proceso de pintura, la generación del residuo líquido pintura – thinner y su impacto ambiental, así como diseñar el equipo de acuerdo a los requerimientos de producción, construir el equipo en función de los diseños realizados y realizar ensayos de validación para disminuir la contaminación producida por el desecho de sustancias contaminantes al medio ambiente, a fin de conocer la utilización, características y recomendaciones para ser utilizado.

Se debe satisfacer la necesidad de reducir los desechos originados en los procesos de chapa y pintura, así derivarlos y convertirlos en subproductos, con reducción del valor económico e impactos al medio ambiente, por intervención del tratamiento se separa la mezcla y se evita su posterior contaminación.

Los conocimientos referenciales sobre las características y propiedades del thinner como disolvente y de la pintura como solvente son especificaciones para realizar la metodología de diseño y el proceso de manufactura, mismos que brindarán datos base para el desarrollo del proyecto.

Las consideraciones tanto de solventes, pintura, destilación y estructura del modelo de la maquina se basa en los parámetros que indica las características de operación del sistema, los limitantes del diseño, las características de cada elemento que lo conforma, la construcción del equipo, así como los procedimientos de producción, los ensayos y funcionamiento del equipo son actividades para conocer las características y la forma de operación e implantar las capacidades de trabajo y los manuales de operación y mantenimiento para su uso.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

La destilación era ya una técnica conocida en China alrededor del año 800 a.C. empleándose para obtener alcoholes procedentes del arroz. También se han encontrado textos en el Antiguo Egipto que describen la destilación para capturar esencias de plantas y flores. Su perfeccionamiento se debe seguramente a los árabes. De hecho fueron los primeros responsables de la destilación del alcohol a principios de la Edad Media. En el siglo X el filósofo Avicena realizó una descripción completa de un alambique. Al igual que alquimia, alambique o alquitara, la palabra alcohol es de origen árabe. En principio sólo destilaban frutas y flores para obtener perfumes, así como triturados minerales para obtener maquillajes. (Verema, 2012, p.1)

La purificación de los disolventes permite la eliminación de los componentes sólidos y líquidos que pueden contener los residuos líquido pintura – thinner, generalmente los disolventes comerciales son de gran pureza, mediante la reutilización del disolvente este líquido requerirá una purificación adicional, así tenemos un tratamiento previo del disolvente, y que es de gran importancia para obtener un buen resultado, tenemos contaminantes como la pintura y el agua que pueden afectar a la cinética y a la estabilidad de la reacción.

La recuperación del disolvente de la mezcla líquido pintura – thinner atraviesa por un proceso físico que logra la separación de sus componentes por destilación en porcentajes de residuos de pintura y thinner reutilizable, con el objetivo de purificar el thinner para recobrar sus propiedades y ser reutilizado.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El thinner, o rebajador de pinturas, es un solvente muy común y de fácil acceso, es un solvente estable en condiciones ambientales, que tiene como principal característica su facilidad para reaccionar con metales de tipo alcalino, alcalinotérreo y aluminio. Además, se debe tener en cuenta que con el oxígeno del aire puede formar compuestos tóxicos y corrosivos como el ácido clorhídrico.

Por sus características, este compuesto es capaz de contaminar drásticamente el agua, aire y suelo, además de generar problemas de salud.

Actualmente, en varios procesos industriales se utiliza este tipo de solvente, ya sea por su bajo costo o su facilidad de obtención, a pesar de que existe cada vez un mayor control por parte de las entidades gubernamentales en cuanto al manejo de desechos químicos (Plan Nacional del Buen Vivir 2013), existen actividades desinteresadas hacia el cuidado del medio ambiente, especialmente en talleres de pintura artesanal.

Para satisfacer las necesidades de reducir el impacto ambiental relacionado con este disolvente se plantea el diseño y construcción de una máquina recicladora de thinner, con el fin de poder recolectar solventes disueltos en la pintura utilizada en los procesos de chapa y pintura, para poder reutilizarlos a futuro, brindando a las distintas empresas una opción amigable al medio ambiente y rentable para sus actividades.

## **1.3 Justificación**

### ***1.3.1 Justificación teórica***

Los procesos de chapa y pintura utilizan una cantidad significativa de diluyentes de pintura y solventes para su aplicación y limpieza de pistolas de rociado, normalmente el compuesto utilizado es el thinner, que al ser combinado con desechos de pintura es la mayor fuente de desperdicios en este tipo de industria. Se debe tomar en cuenta que el manejo de estos desechos no es amigable con el medio ambiente, especialmente en

pequeños establecimientos donde realizar una actividad de reciclado genera un mayor gasto.

### ***1.3.2 Justificación metodológica***

El presente proyecto muestra una opción viable para la implementación de una máquina recuperadora de thinner, misma que se implementa en distintos lugares para un fin común, se propone una alternativa atractiva hacia las empresas que se dedican a los procesos industriales ya que serán beneficiados económicamente al tener que adquirir una menor cantidad de este solvente.

### ***1.3.3 Justificación práctica***

La propuesta del proyecto se verá beneficiada en la industria al reducir los costos de adquisición del disolvente al ser reciclado y también lo hará la sociedad en general ya que un mejor manejo de desechos tóxicos siempre tendrá incidencia directa en el medio ambiente, mejorando la calidad de vida.

El funcionamiento de la máquina recicladora será estudiado mediante diseños y análisis de sus procesos en software y ensayos de funcionamiento a fin evaluar la mejor opción para su utilización.

## **1.4       Objetivos**

### ***1.4.1   Objetivo general***

Diseñar y construir una máquina recicladora de thinner usado en los procesos de chapa y pintura Automotriz mediante el proceso de destilación para reducir el impacto ambiental.

### ***1.4.2   Objetivos específicos***

- Efectuar el diagnóstico del proceso de pintura, la generación de residuos líquido pintura - thinner.
- Diseñar el equipo de acuerdo a los requerimientos de producción.
- Construir el equipo en función de los diseños realizados.
- Realizar ensayos de validación para disminuir la contaminación producida por el desecho de sustancias contaminantes al ambiente.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Solventes

Los solventes tienen gran importancia en productos como pinturas a base de agua, barnices, tintas, aerosoles, cuero, en coloración de textiles, marcadores permanentes, pegamentos y adhesivos, en algunos químicos utilizados en fotografía, entre otros. El término solventes se refiere a sustancias orgánicas en estado líquido, utilizadas para disolver sólidos o gases u otros líquidos. La mayoría de ellos son derivados del petróleo o sintéticos. Es importante mencionar que no hay ningún solvente 100% seguro, todos son tóxicos en distinto nivel. Es por ello que se deben de conocer las MSDS del solvente a utilizar y elegir el menos riesgoso, o ver la forma de controlar el riesgo. (Alva, 2005, p.17)

Los solventes se clasifican en distintas clases, de acuerdo a sus propiedades y a su estructura molecular. Muchos de los solventes más utilizados son alifáticos, aromáticos, alcoholes, ésteres, cetonas e hidrocarburos. (Alva, 2005, p.17)

Debido a las exigencias legales, ambientales y de calidad en el proceso existe una demanda alta en los procesos de remoción, así como también en los de recuperación por lo que se han probado diferentes tecnologías mejoradas, algunas han resultado ser eficientes desde el punto de vista operacional y económica. (Alva, 2005, p.17)

##### 2.1.1 Tipos

###### 2.1.1.1 Solventes polares

Solventes polares se trata de sustancias en las que la distribución de la nube electrónica se caracteriza por su asimetría y que contiene moléculas con polo tanto positivo como negativo, distanciados y que mantienen interacciones electrostáticas entre los dipolos. Esto se observa por ejemplo en el agua, que es el solvente universal. (Tipos. 2019, p.1)



Estos solventes se pueden subdividir en:

- Solventes próticos: que tienen un enlace OH o NH, como el agua (H-O-H), el etanol (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH) y ácido acético [CH<sub>3</sub>-C(=O)OH].
- Solventes apróticos: no tienen enlaces OH o NH, por lo que no dan ni reciben electrones, como la acetona (CH<sub>3</sub>-C(=O)-CH<sub>3</sub>) y el THF o tetrahidrofurano.

#### *2.1.1.1.1 Agua*

Agua efectivamente el agua es un buen disolvente para todas las pinturas, esmaltes, barnices, etcétera que llevan como base agua y que cada vez abundan más en el mercado. Su uso es el más sencillo de todos ya que no precisa ningún cuidado especial que no sea el de no excedernos en la cantidad a diluir en las pinturas. Será tan adecuada para lograr una buena limpieza de las herramientas, si lo hacemos inmediatamente después de terminar de pintar y no dejamos que la pintura se seque en las brochas, rodillos, cubetas y demás elementos que utilicemos, como para limpiar suelos, muebles u otros lugares que hayan podido mancharse con la pintura. (Bricotex, 2019, p.1)

#### *2.1.1.2 Solventes apolares*

Solventes apolares por lo general se trata de sustancias orgánicas, en las que distribución de la nube electrónica no es asimétrica, como en el caso anterior, sino simétrica. Esto trae como consecuencia la falta de polaridad, es por ellos que se habla de sustancias dipolo permanente. (Bricotex, 2019, p.1)

Dentro de la configuración geométrica de la molécula se hallan los enlaces polares. Disuelven las sustancias apolares por interacciones entre dipolos inducidos. Compuestos como el dietiléter, tolueno, cetonas o ciclohexano son claros ejemplos de solventes apolares. (Bricotex, 2019, p.1)

El cloroformo cuenta con una cualidad particular, puesto a que los tres cloros de carga negativa producen que el carbono tenga carga positiva, mientras que la del hidrógeno sea

carga parcial negativa. Es por ello que cuenta con una cierta polaridad. (Bricotex, 2019, p.1)

#### *2.1.1.3 Solventes orgánicos*

Solventes orgánicos: se trata de aquellos compuestos orgánicos volátiles que son usados de manera individual o en una mezcla con otros compuestos, sin que esto genere modificación alguna, para disolver elementos como materias primas, productos o residuos, para limpiar, entre otras cosas. (Bricotex, 2019, p.1)

#### *2.1.1.4 Thinner*

El thinner está compuesto por un disolvente activo, un cosolvente y un diluyente, sustancias que efectúan una función en particular. El disolvente activo es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo, el cosolvente potenciará el efecto del disolvente activo y el diluyente dará volumen al compuesto. El thinner tiene como disolvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de disolventes, sustancias todas ellas tóxicas para el ser humano. (Robalino D, 2012, p.6)

##### *2.1.1.4.1 Tipos*

- *Thinner fuerte o acrílico*

Diluyente a base de solventes como ésteres, cetonas, aromáticos, alcoholes y alifáticos utilizado en la dilución y facilidad de aplicación de lacas acrílicas y lacas a la piroxilina. Es usado en pinturas de automóviles y en naves. Se aplica unido a un soplete para darle un secado mucho más rápido. (Robalino D, 2012, p.6)

Es un producto altamente balanceado en su evaporación, de velocidad media, lo que imposibilita la aparición de defectos superficiales en el recubrimiento. Como posee el más alto poder disolvente del mercado en su categoría, es muy apto para utilizarlo con todo tipo de lacas automotrices, ya sea en trabajos de pintura en vehículos completos como también en retoques parciales. Su comportamiento en ambientes de humedad relativa elevada es excelente, ya que soporta perfectamente condiciones adversas sin

producir blanqueo del material y manteniendo el brillo impecable que este producto le otorga siempre a las superficies donde se aplica. Es apto para utilizarlo tanto en secado al aire como en cabinas de pintado de temperatura y humedad controlada, con o sin lámpara UV. (Robalino D, 2012, p.7)

### Especificaciones técnicas

- Constituyentes: Aromáticos, Alifáticos, Alcoholes, Glicoles y Ésteres.
- Características físicas:
  - Peso específico: (20/20 °C)  $0,810 \pm 0,01$  g/ml.
  - Color: Incoloro.
  - Olor: Característico.
- Libre de material en suspensión y libre de sólidos disueltos.
- Rango de destilación: 55 / 165 C

### Especificaciones técnicas

- Constituyentes: Aromáticos, Alifáticos, Alcoholes, Glicoles y Ésteres.
- Características físicas:
  - Peso específico: (20/20 ° C)  $0,796 \pm 0,01$  g/ml.
  - Color: Incoloro.
  - Olor: Característico.

#### 2.1.1.4.2 Composición

Los principales componentes del thinner son los siguientes:

**Tabla 1-2: Componentes del Thinner**

SUSTANCIAS	PORCENTAJE %
Tolueno	5-50
Alcohol metílico	15-50
Cetonas	5-40
Hexano	5-30
Alcoholes	5-40
Xileno	5-20
Esteres	3-50

Fuente: (Revista Obras Sanitarias de la Nación, Argentina, Volumen 25, Número 132)

**Tabla 2-2: Composición del Thinner**

SUSTANCIAS	CONTENIDO %
Tolueno	50
Alcohol metílico	15
Acetato de etilo	15
Hexano	5
Alcohol etílico	5
Acetona	5
m- Xileno	5

Fuente: (grupopetroquimica.blogspot.com)

#### 2.1.1.4.3 Propiedades

**Tabla 3-2: Propiedades Físico-Químicas del Thinner**

PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro, con olor característico
Peso específico	0,810 ± 0,01 g/ml
Punto de fusión	La menor es de -34°C
Punto de inflamación	Inferior a 21°C
Temperatura de auto ignición	480°C
Punto de ebullición	56° - 136°C
Densidad relativa	0,77 – 0,83 g/ml
Solubilidad	Insoluble en agua
% de volatilidad por volumen	100
Gravedad	0 – 9
Presión vapor	9%
Viscosidad	n/d

Fuente: (es.wikipedia.org)

\*Valores en el SI y en condiciones normales (0°C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario.

\*Las propiedades pueden variar según la composición del thinner.

#### 2.1.1.4.4 Toxicidad

Su toxicidad es menos de la mitad que la toxicidad de la mayoría de los diluyentes de otras especies, y hasta 5 veces menor en algunos casos. Además, el Thinner Ecológico presenta una gran resistencia a la humedad que lo hace apto para pintar incluso en los ambientes más adversos, manteniendo de todas formas su excelentes nivelación y brillo. Posee un muy buen poder de disolución de todos los tipos de pinturas nitro celulósico, nitro sintético, acrílico, y 2 K del mercado, tanto en fondos como en colores y clears. Nota: no obstante su peligrosidad reducida en comparación con cualquier otro diluyente, la empresa fabricante recomendará la utilización de los equipos de seguridad apropiados al trabajo a realizar. (Robalino D, 2012: pp.10-11)

## 2.2 Pinturas

La pintura es uno de los materiales indispensables en la industria de la construcción y manufacturera, se utiliza para lograr preservar de los ataques comunes por el clima, mejorar la apariencia y textura de los diferentes acabados arquitectónicos, estructura metálicas o cualquier superficie a la que se quiera lograr su apariencia. (Scribd, 2017, p.1)

La industria de recubrimiento de superficies elabora una amplia gama de productos, entre los que destacan las pinturas al agua, barnices, lacas y esmaltes. Las pinturas con color para la industria de la construcción hacen que las obras de arquitectura tanto en el exterior como en el interior, provoquen que una construcción cambie de aspecto con el simple hecho de aplicar pintura para cambiar el tono de la luz ya sea natural o artificial, con tonos cálidos o fríos. Las pinturas son productos destinados a cubrir las superficies con vistas a su protección y decoración. (Scribd, 2017, p.1)

### 2.2.1 Tipos

Las pinturas se clasifican en:

- Por el color y naturaleza de los pigmentos en: blanco de cinc, azul cobalto, etc.
  - Por el vehículo en pinturas: de agua, cola, aceite.
  - Por el papel que desempeñan: decorativas, antioxidantes, ignífugas, lavables, etc.
- 
- *Pinturas basadas en agua*

Se les llama comúnmente como pinturas látex, vinílicas, o acrílicas, mientras que las basadas en aceite son las alquídicas, de poliuretano o barnices. (Scribd, 2017, p.7)

Pinturas látex, son una suspensión de resinas acrílicas o polivinílicas hechas a base de agua, con otras resinas, más agentes colorantes o cubridores y diluyentes que se secan por evaporación. (Scribd, 2017, p.7)

Es durable, fácil de aplicar, y se limpia con jabón y agua, y ésta ha reemplazado a las pinturas hechas a base de aceite (hechas a base de solventes), por lo cual es el producto de pintura más frecuentemente usado en el mercado. Aunque la pintura hecha a base de agua (látex) es menos dañina al medio ambiente y a su salud que la pintura hecha a base de aceite, sus ingredientes son peligrosos. Es por eso que ésta debe manejarse como un material peligroso. (Scribd, 2017, p.7)

- *Pinturas al aceite*

Son pinturas cuyo aglutinante está constituido por un aceite secante como por ejemplo el de linaza, utilizados en su estado natural (crudos) o sometidos a algún tratamiento para conseguir más cuerpo y más brillo, el cual, por la acción del oxígeno del aire, se transforma poco a poco en una masa sólida más o menos dura. Toda pintura al aceite, se compone en primer término del colorante, del vehículo o vehículos que mantienen en suspensión el color y que al secarse por contacto con el aire, en parte se evaporan y en parte se resinifican (como el aceite secante de linaza), y endurecen junto con el color, y por último el solvente, que es por lo general una sustancia volátil como el aguarrás cuya misión es facilitar la aplicación de la pintura haciéndola más dócil al pincel y que luego de cumplida su misión se va por evaporación natural dejando solamente algunos rastros unidos a los componentes antes citados. (Scribd, 2017, p.7)

### ***2.2.2 Componentes de una pintura***

Las pinturas están constituidas por un pigmento sólido y el aglutinante o vehículo líquido, formando ambos una dispersión. Generalmente los materiales o componentes utilizados en la elaboración de pinturas pueden agruparse en 5 categorías:

- *Los pigmentos*

Son cuerpos sólidos, finamente pulverizados (90 ó 100% de las partículas debe ser inferior a  $10\mu$ ), insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura (aglutinante o vehículo), sirven para darle color y opacidad a la pintura. De la elección y de la cantidad

empleada en la fórmula, dependen dos propiedades muy importantes en las pinturas: su poder cubriente y su resistencia a la luz del sol. (Scribd, 2017, p.2)

Sus funciones son: suministrar calor, proteger la película de los rayos ultravioleta, dar resistencia a la película y proporcionar una apariencia estética. (Scribd, 2017, p.2)

Contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y agentes químicos. Los pigmentos deben poseer las siguientes propiedades: opacidad y buen poder de recubrimiento, humectabilidad por aceite, ser químicamente inertes, permanencia o resistencia a la luz, ser de baja o nula toxicidad, costo razonable. (Scribd, 2017: pp. 2-3)

- *Las cargas*

Son productos en polvo, normalmente procedentes de la molturación de rocas naturales, que no dan por sí mismas color ni opacidad, pero que contribuyen a darle cuerpo a la pintura, además de contribuir sustancialmente a conseguir otras características. Son materiales que cumplen las siguientes funciones: extender el pigmento, contribuir con efecto de relleno, disminuir el costo del pigmento, aumentar su resistencia mecánica, mejora su consistencia nivelación y depositación entre estos materiales se encuentra sustancia de: origen mineral: calcita o carbonato de calcio, baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talco, etc.; y origen sintético: creta, caolines tratados y sulfatado de bario precipitado. (Scribd, 2017: pp. 3-4)

- *Los aglutinantes*

El aglutinante o vehículo fijo o ligante son sustancias de naturaleza orgánica (resina o polímero) que llevan en suspensión los pigmentos y, que una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre sí y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda. Se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados en agua. Estas sustancias comprenden el almidón, los aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas. Estas últimas son las más utilizadas de las cuales tenemos: las resinas

alquídicas, acrílicas, fenólicas, vinílicas, epóxicas, de caucho clorado, de nitrocelulosa, de acetato de polivinilo, de poliuretano y de silicona. De todas estas la primera es la más utilizada. También se utilizan resinas de brea de hulla o de petróleo Existen pinturas mixtas con varias resinas o con mezclas de resinas y aceites secantes De acuerdo a la resina empleada, las pintura pueden ser: acrílicas, vinílicas, vinil acrílicas, de clorocaucho, de poliuretano, etc. (Scribd, 2017: pp. 4-5)

- *Los solventes*

Los solventes o vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. Tienen como única misión mantener la pintura en estado líquido durante su fabricación, almacenaje, transporte y aplicación. Son importantes en cualquiera de estas fases, pero especialmente nos interesan durante la aplicación, pues son imprescindibles para que la pintura sea suficientemente líquida y penetre en los poros de las superficies, para que se adapte a la forma y contorno de los objetos a pintar, y para que se aplique adecuadamente según el método escogido. Son también imprescindibles para poner en su punto óptimo la viscosidad de las pinturas de acuerdo con el método y las circunstancias atmosféricas del momento de la aplicación. (Scribd, 2017, p.5)

- *Los aditivos*

Son sustancias añadidas en pequeñas dosis que oscilan entre el 0.001% y el 5% para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales. Entre los más utilizados se encuentran: espesantes, dispersantes, antiespumante, coagulantes, preservantes. (Scribd, 2017, p.6)

### **2.2.3 Pintura automotriz**

Como su nombre lo indica está dirigida al sector de los autos (automóviles, camionetas, busetas, camiones, etc.) La pintura automotriz es un trabajo que se realiza en todo el



mundo, tanto en las fábricas automotrices como en los talleres de reparación. (Robalino D, 2012, p.16)

Desde la creación del automóvil la pintura se usaba para decorar y embellecerlo, para darle un aspecto más atractivo. La finalidad del pintado de la carrocería de un vehículo es para evitar que se oxiden los paneles de acero de la carrocería y para mejorar el acabado de su apariencia. Los métodos de pintado usados para mejorar la apariencia incluyen colores sólidos, colores metálicos y colores mica. (Robalino D, 2012, p.16)

### *2.2.3.1 Función*

En todo vehículo encontramos tres capas distintas, las cuales cumplen funciones distintas, que son las siguientes:

Wash Primer: se utiliza para mejorar la adherencia en superficies no ferrosas.

- *1° Pintura anticorrosiva*

También llamado como pintura base, aparejo o imprimante. Ayuda a prevenir el óxido y da un tono mate, la cual ayuda al chapista a encontrar posibles imperfecciones en la superficie para corregirlas. El color básico que se usa es el gris, pero existen otros como el amarillo, azul y blanco. Algunas marcas de pintura manejan el valor de sombra en el primer, esto es: un primer con un tono en la escala de grises, que va desde un tono blanco hasta un tono negro, pasando por distintas intensidades de gris. Al utilizar un primer con la tonalidad de gris adecuada ayudamos a que el color que se va a aplicar cubra más rápido y no se distorsione. Existen también primers entintables, a los cuales se les puede agregar tinta para que adquieran un tono similar al de la pintura de color que se va a aplicar, ayudando también a que la pintura de color cubra rápido y a que el tono no se distorsione. (Wikipedia, 2019, p.1)

- *2° Pintura de color*

Este da el color deseado por el fabricante o por el cliente, dándole un aspecto completamente distinto. Normalmente las pinturas de colores sólidos dan una terminación semibrillo y las pinturas perladas dan una terminación opaca. (Wikipedia, 2019, p.1)

Actualmente existen dos tipos de tecnología de la pintura de color: Base Solvente y Base Agua oxigenada. Las pinturas Base Solvente tienen como parte de su formulación derivados del petróleo como son los solventes orgánicos los cuales presentan un gran número de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's o VOC's por sus siglas en inglés) dañinos a la capa de ozono por su volatilidad que presentan. Entre estos solventes están metanol, etanol, acetona, cloroformo, tolueno o el xileno, etc. Una ventaja de estas pinturas es el secado rápido que tiene debido a la rápida evaporación de los solventes que contiene. (Wikipedia, 2019, p.1)

Las pinturas base agua tienen como su base principal de formulación Agua DI (Desionizada) y por esta característica es menos dañina al medio ambiente. Sin embargo su secado es muy lento ya que la evaporación del agua es lenta y por eso es necesario utilizar hornos o lámparas especiales para ayudar en el curado de ésta. (Wikipedia, 2019, p.2)

- *Barniz o Laca Acrílica*

Nombrado como pintura protectora. Sirve para dar un acabado más brillante y también cumple la función de proteger la pintura ante las condiciones climáticas, como el smog, lluvia, nieve, etc. (Wikipedia, 2019, p.2)

#### *2.2.3.2 Tipos*

En el mercado actual se usan uno de estos tres tipos de pinturas que son:

- *Acrílicas (AC)*

Pintura de secado rápido, fácil manipulación, que otorga un acabado semibrillo. Se diluye con diluyente acrílico para su uso. El tiempo de secado para manipularlo puede tardar entre 30 min a 1 h y el secado completo 1 día. (Wikipedia, 2019, p.2)

- *Poliuretano (PU)*

Pintura que se seca en presencia de un catalizador, la cual según su composición y recomendación del fabricante la proporción del catalizador puede variar (4:1, 3:1 y 2:1). Este otorga un acabado brillante (pintura sólida) y mate (pintura perlada). Se necesita diluyente poliuretano y catalizador para su uso. El secado puede variar según la cantidad de catalizador agregado. Para manipularlo tarda entre 1 a 2 horas y el secado completo entre 1 a 2 días. (Wikipedia, 2019, p.2)

- *Poliéster (Base)*

Pintura poliéster, conocido también como “base” es derivado del poliuretano. Su rápido secado hace que el trabajo sea más fácil, la cual otorga un acabado opaco, tanto en las pinturas sólidas como perlados. Esto implica un uso de barniz para dar brillo. Solo requiere diluyente poliuretano para su uso. El tiempo de secado para su manipulación es de 10 a 30 min y el secado final 12 h. (Wikipedia, 2019, p.2)

## **2.3 Destilación**

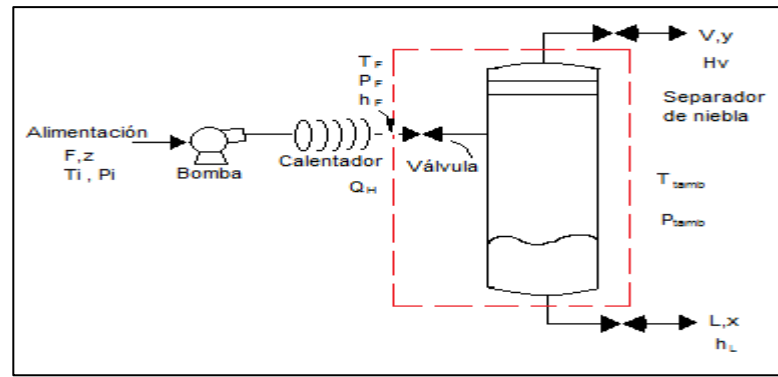
### **2.3.1 Métodos de destilación**

Uno de los procesos de separación más simples y comunes es la destilación, sea por evaporación instantánea, destilación instantánea, destilación de equilibrio o destilación flash. En este proceso, parte de una corriente de alimentación se evapora en una cámara de evaporación instantánea para separar vapor y líquido en equilibrio mutuo. El componente más volátil se concentrará más en la fase vapor. En general, este método no

permite alcanzar un alto grado de separación; sin embargo, en algunos casos, como el de la desalación de agua de mar, se obtiene una separación completa. (Wankat P, 2008, p.12)

El equipo necesario para la destilación instantánea se observa en la figura 1-2. El líquido se somete a presión, se calienta y se hace pasar por una válvula de control o una boquilla, para entrar al tambor, (o tanque) de evaporación instantánea. Debido a la caída de presión, parte del líquido se evapora. El vapor se extrae por la parte superior, mientras que el líquido escurre al fondo del tambor, de donde se retira. Con frecuencia se emplea un separador de niebla (demister) o eliminador de arrastre para evitar que el vapor contenga gotitas de líquido. El sistema se conoce como destilación “instantánea” porque al entrar la alimentación al tambor, la evaporación es rápida. Debido al contacto íntimo entre el líquido y el vapor, el sistema en la cámara de destilación está muy cercano a una etapa de equilibrio. La figura 1-2 muestra un tambor vertical de evaporación instantánea, aunque también son frecuentes los tambores horizontales. (Wankat P, 2008, p.12)

El diseñador de un sistema de evaporación instantánea debe conocer la presión y la temperatura del tambor de destilación, el tamaño del tambor y las composiciones y flujos del líquido y el vapor. También debe conocer la presión, temperatura, y flujo de alimentación. Además, deberá conocer hasta dónde se debe aumentar la presión y la temperatura de la alimentación original. Deben seleccionarse las presiones de tal manera que a la presión de alimentación,  $p_F$ , la alimentación quede debajo de su punto de ebullición y permanezca líquido, mientras que a la presión del tambor de destilación,  $P_{tamb}$ , la alimentación se encuentre por encima de su punto de ebullición y se evapore algo de ella. Si la alimentación ya está caliente y/o la presión del tambor de destilación es bastante baja, puede no ser necesario utilizar la bomba y el calentador que se muestra en a figura 1-2. (Wankat P, 2008, p.12)



**Figura 1-2:** Sistema de destilación instantánea  
Fuente: (Wankat P)

Flujo de alimentación,  $F$

Composición de la alimentación,  $z$  (fracción mol del componente más volátil)

Temperatura,  $T_1$

Presión,  $p_1$

Presión del tambor  $p_{tamb}$

Como sucede en el diseño de muchas técnicas de separación, la elección de las variables de diseño especificadas controla la elección del método de diseño. Para la cámara de evaporación instantánea podemos usar un método de solución secuencial o uno de solución simultánea. En el procedimiento secuencial se resuelven primero los balances de masa y las relaciones de equilibrio y después se resuelven los balances de energía y las ecuaciones de entalpía. En el método de solución simultánea se deben resolver al mismo tiempo todas las ecuaciones. En ambos casos se despejan las tasas de flujo, composiciones y temperatura antes de dimensionar el tamaño del tambor de destilación. (Wankat P, 2008, p.13)

### 2.3.2 Tipos de destilación

#### 2.3.2.1 Destilación simple

La destilación simple se utiliza cuando la mezcla de productos líquidos a destilar contiene únicamente una sustancia volátil, o bien, cuando ésta contiene más de una sustancia volátil, pero el punto de ebullición del líquido más volátil difiere del punto de ebullición de los otros componentes en, al menos, 80 °C. (Universidad de Barcelona, 2000, p.1)

El resultado final es la destilación de un solo producto, ya sea:

- porque en la mezcla inicial sólo había un componente, o
  - porque en la mezcla inicial uno de los componentes era mucho más volátil que el resto
- *Destilación simple a presión atmosférica*

La destilación a presión atmosférica es aquella que se realiza a presión ambiental.

Se utiliza fundamentalmente cuando la temperatura del punto de ebullición se encuentra por debajo de la temperatura de descomposición química del producto. (Universidad de Barcelona, 2000, p.1)

- *Destilación simple a presión reducida*

La destilación a presión reducida o al vacío consiste en disminuir la presión en el montaje de destilación con la finalidad de provocar una disminución del punto de ebullición del componente que se pretende destilar. (Universidad de Barcelona, 2000, p.1)

Se utiliza fundamentalmente cuando el punto de ebullición del compuesto a destilar es superior a la temperatura de descomposición química del producto. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

Para llevar a cabo este tipo de destilación es necesario un sistema de vacío y un adaptador de vacío. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

#### *2.3.2.2 Destilación fraccionada*

La destilación fraccionada se utiliza cuando la mezcla de productos líquidos que se pretende destilar contiene sustancias volátiles de diferentes puntos de ebullición con una diferencia entre ellos menor a 80 ° C. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

Al calentar una mezcla de líquidos de diferentes presiones de vapor, el vapor se enriquece en el componente más volátil y esta propiedad se aprovecha para separar los diferentes

compuestos líquidos mediante este tipo de destilación. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

El rasgo más característico de este tipo de destilación es que necesita una columna de fraccionamiento. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

La destilación fraccionada se puede realizar a presión atmosférica o a presión reducida, tal como se ha comentado para la destilación simple en el apartado anterior. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

### *2.3.2.3 Destilación por arrastre de vapor*

La destilación por arrastre de vapor posibilita la purificación o el aislamiento de compuestos de punto de ebullición elevado mediante una destilación a baja temperatura (siempre inferior a 100 ° C). Es una técnica de destilación muy útil para sustancias de punto de ebullición muy superior a 100 ° C y que descomponen antes o al alcanzar la temperatura de su punto de ebullición. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

La destilación por arrastre de vapor es una técnica de destilación que permite la separación de sustancias insolubles en H<sub>2</sub>O y ligeramente volátiles de otros productos no volátiles. A la mezcla que contiene el producto que se pretende separar, se le adiciona un exceso de agua, y el conjunto se somete a destilación. En el matraz de destilación se recuperan los compuestos no volátiles y/o solubles en agua caliente, y en el matraz colector se obtienen los compuestos volátiles e insolubles en agua. Finalmente, el aislamiento de los compuestos orgánicos recogidos en el matraz colector se realiza mediante una extracción. (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

Fundamento teórico de la destilación por arrastre de vapor:

En una mezcla formada por dos líquidos inmiscibles, A y B, la presión de vapor total a una temperatura determinada es igual a la suma de las presiones de vapor que tendrían, a esta temperatura, ambos componentes sin mezclar, es decir, que cada componente ejerce su propia presión de vapor independientemente del otro ( $P_T = P_A + P_B$ ). (Universidad de Barcelona, 2000, p.2)

La mezcla hervirá a aquella temperatura en la cual la presión de vapor total sea igual a la presión externa. Además esta temperatura se mantiene constante durante toda la destilación y es inferior a la de A y a la de B. (Universidad de Barcelona, 2000, p.3)

## **2.4 Purificador de thinner por destilación simple**

Es un proceso que permite separar los distintos componentes de una mezcla en función de su temperatura de ebullición, basándose en las distintas volatilidades relativas de los propios componentes. Dada la simplicidad de este proceso y coste relativamente bajo, se procede a utilizar este tipo de destilación para la separación del thinner de los residuos de pintura automotriz. (Robalino D, 2012, p.24)

El purificador constará de una alimentación, tanque destilador o calderín, condensador y descarga, con esto, el vapor que abandona el calderín pasa directamente al condensador y el líquido condensado se recoge directamente en un recipiente. Es decir, no hay reflujo. El primer vapor que abandona el calderín es mucho más rico en el componente liviano que la carga original ya que el calderín actúa como una etapa de separación teórica. (Robalino D, 2012: pp.24-25)

A medida que el proceso avanza la composición del vapor que abandona el tanque se hace cada vez menor en el componente ligero, es decir, el producto destilado se diluye con el componente pesado. (Robalino D, 2012, p.25)

### **2.4.1 *Objetivos del destilador de thinner***

El destilador simple de thinner permite recuperar el solvente a partir de los residuos de pintura que es desechada en los talleres automotrices, industrias carroceras, etc., con un ahorro económico, donde el producto obtenido posee características similares a las del original lo que lo hace apto para su reutilización. (Robalino D, 2012, p.24)

El thinner destilado se caracteriza por presentar las mismas bondades que ofrece el obtenido industrialmente y puede ser usado en la misma industria automotriz o para otros fines; en las pruebas realizadas en laboratorio con un equipo de destilación simple se obtuvo resultados prometedores y con una eficiencia del 98%, cuyos resultados fueron



analizados en laboratorios especializados en análisis de sustancias químicas los mismos que arrojaron los valores que están dentro de los parámetros que pide la Norma NTE 2 163:99 de Solventes (Thinner) Requisitos. (Robalino D, 2012, p.25)

#### ***2.4.2 Principio de operación del destilador simple de thinner***

El funcionamiento de un destilador está basado en un fenómeno que se presenta libremente en la naturaleza, conocido como el ciclo del agua. La energía proveniente del sol calienta el agua de los mares y transforma parte de la misma en vapor de agua. Dicho vapor se concentra en nubes, cuando las condiciones atmosféricas son adecuadas, se enfría y condensa, volviendo a la superficie en forma de lluvia. (Robalino D, 2012: pp.25-26)

El destilador simple de thinner opera de manera similar al fenómeno natural, con la adición de un condensador y el manejo de los residuos de cola. Su disposición y diseño varían dependiendo de los volúmenes de líquido requeridos. (Robalino D, 2012, p.26)

El proceso de funcionamiento de la maquina recuperadora de thinner se basa en el principio de destilación simple, el vapor saliendo del destilador pasa a través de un condensador total, y el líquido, saliendo del condensador, va a un receptor de producto. No se retorna reflujó al destilador. (Robalino D, 2012, p.34)

El primer vapor que sale del destilador es más rico en componente más ligero que el líquido presente originalmente debido a que el destilador actúa como una simple etapa teórica de destilación. A medida que el proceso continúa, el material sobrante en el tanque disminuye constantemente su concentración en el componente más ligero, así el vapor que sale del tanque progresivamente contiene más cantidad de componente “pesado”. Entonces el “producto” en el acumulador se diluye con material el cual continuamente aumenta en pesado. (Robalino D, 2012, p.35)

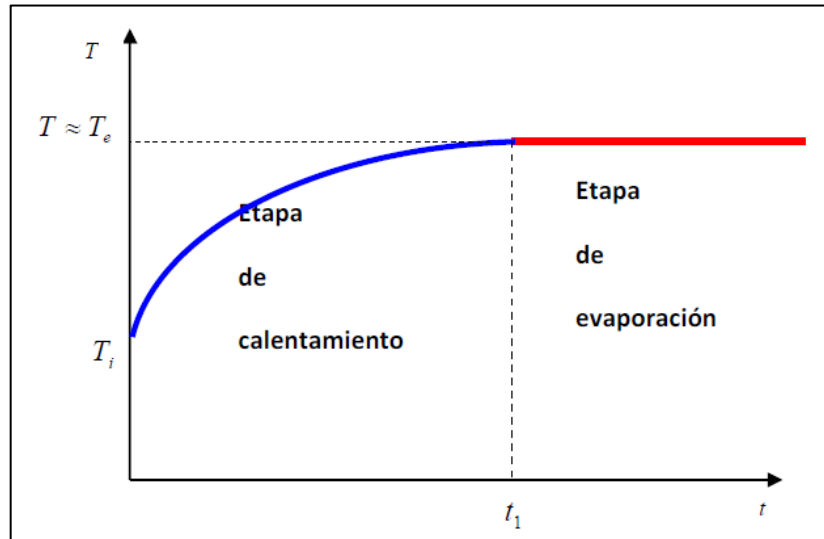
#### ***2.4.3 Variable de operación del destilador simple de thinner***

- **Temperatura inicial de la solución**

La variable se denota mediante  $T_i$ , se representa como la temperatura inicial de la solución antes de empezar la etapa de calentamiento.

- **Temperatura final de la solución**

La variable se denota mediante  $T_f$ , se representa como la temperatura a la que el agua presente en la solución empiece a hervir, también se lo conoce como  $T_e$ .



**Gráfico 1-2:** Temperaturas en la etapa de calentamiento y evaporación

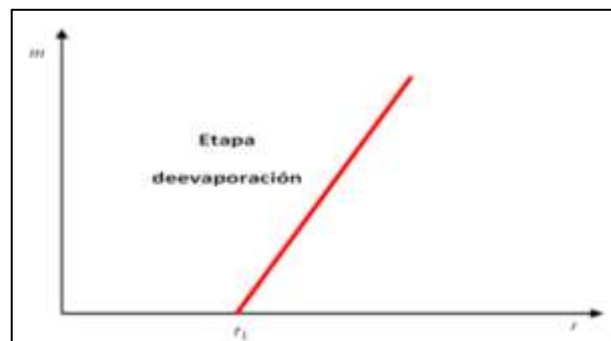
Fuente: (Robalino D, 2012)

- **Tiempo de calentamiento**

La variable se denota como  $t_1$ , es el tiempo que se tarda el thinner en alcanzar su temperatura de ebullición.

- **Tiempo de evaporación**

Esta será el tiempo que demore una determinada cantidad de solvente, presente en la solución, en evaporarse. Se representa como  $t - t_1$ . (Robalino D, 2012, p.50)



**Gráfico 2-2:** Masa de agua evaporada en la etapa de evaporación

Fuente: (Robalino D, 2012)

## 2.5 Diseño

### 2.5.1 Metodología de diseño

La metodología de diseño empieza definiendo un modelo base para el proceso de diseño, el que puede ser utilizado para desarrollar las especificaciones de un producto. En todos los casos es evidente que el proceso de desarrollo es generalmente contemplado como una secuencia lógica de fases dentro de las cuales son ejecutadas las tareas específicas. (Torres Charry, 2013, p.4)

### 2.5.2 Modelo de diseño

El modelo de diseño es la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Cross, en 1999, clasifica los modelos de diseño en dos grupos: descriptivos y prescriptivos mientras que Takeda, en 1999, citando a Finger y Dixon adiciona dos grupos más: cognitivos y computacionales. (Torres Charry, 2013, p.5)

#### 2.5.2.1 Modelo descriptivo

El modelo lineal del proceso de diseño, aunque resulta muy básico, permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas por la mayoría de investigadores. En la literatura se pueden encontrar modelos descriptivos lineales que involucran también, al inicio la fase de definición del problema y al final la fase de comunicación del diseño. (Torres Charry, 2013, p.5)



**Figura 2-2:** Modelo descriptivo lineal del diseño

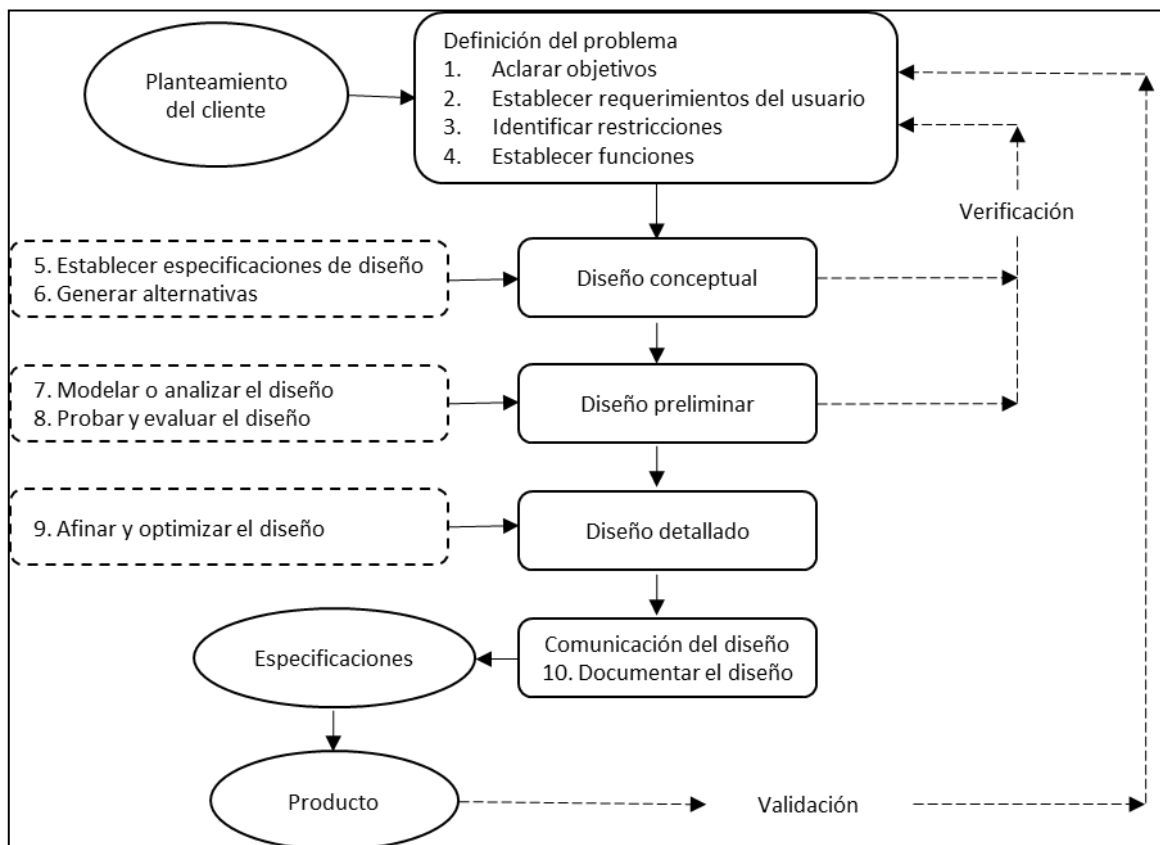
Fuente: (Torres Charry, 2013)

### 2.5.2.2 Modelo prescriptivo

Los modelos prescriptivos además de describir, dan pautas para desarrollar cada una de las fases y etapas del proceso de diseño. En esta categoría gran cantidad de propuestas, aquí se presentarán de manera general tres de las más importantes: la de Dym, la de Roth y la Pahl y Beitz. (Torres Charry, 2013, p.6)

- **Modelo prescriptivo de Dym**

El modelo del proceso de diseño de Dym está configurado por cinco etapas que empiezan con el planteamiento por parte del cliente y termina cuando el diseño final se documenta al cliente. Cada una de las etapas involucra a su vez la realización de tareas específicas de diseño. (Torres Charry, 2013, p.6)

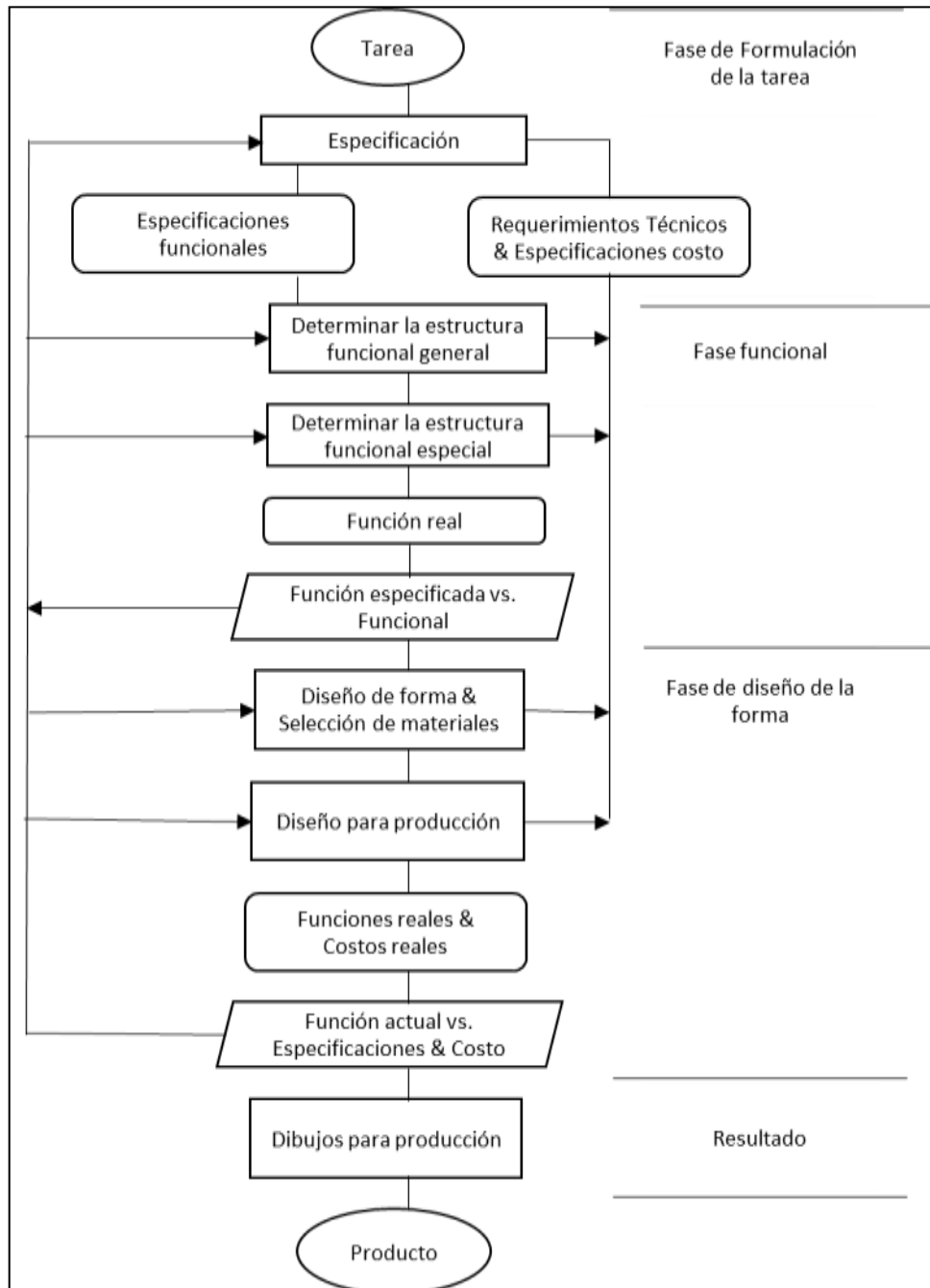


**Figura 3-2: Modelo prescriptivo del diseño de Dym**

Fuente: (Torres Charry, 2013)

- **Modelo prescriptivo de Roth**

El modelo del proceso de diseño de Roth se refiere explícitamente a las tareas de diseño y excluye aquellos pasos que ocurren después que se ha completado el diseño, aunque la estructura del modelo es adecuado para toda la fase de desarrollo. (Torres Charry, 2013, p.8)



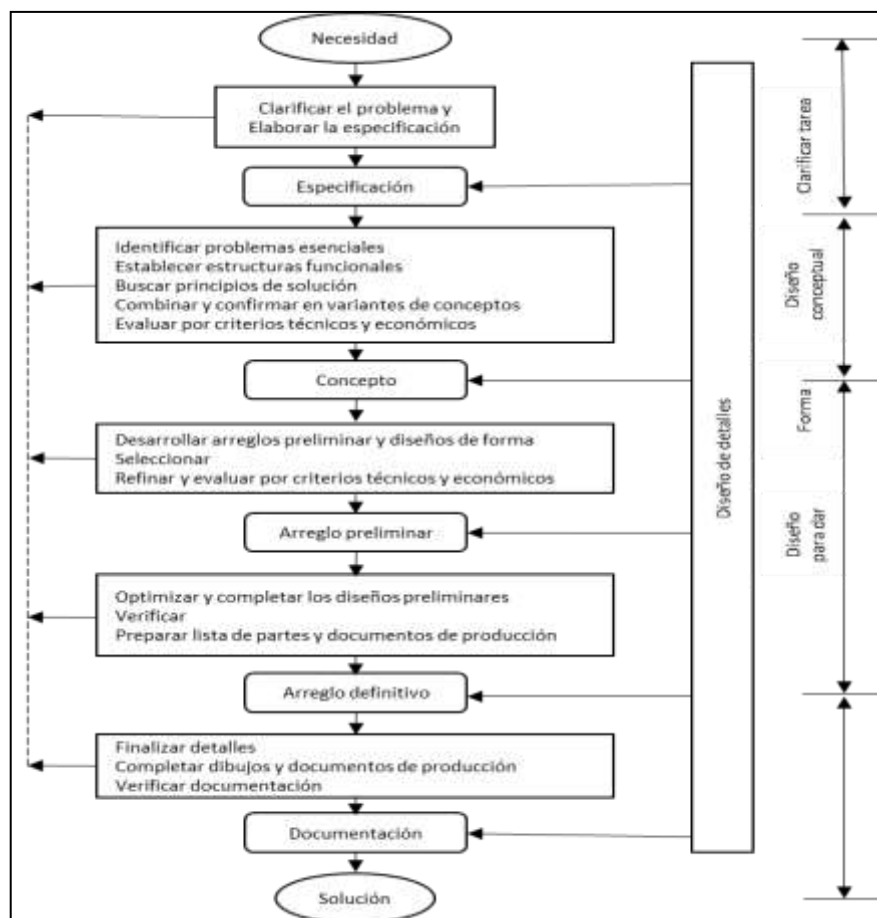
**Figura 4-2:** Modelo prescriptivo del diseño de Roth

Fuente: (Torres Charry, 2013)

- **Modelo prescriptivo de Pahl y Beitz**

El modelo más conocido y utilizado tanto en la industria como en la educación. El método de Pahl y Beitz utiliza la teoría de sistemas para sustentar la propuesta de trabajo a través de funciones y sub funciones, que combinan los efectos físicos con las características geométricas y los materiales, para que surja el principio de solución. (Torres Charry, 2013, p.9)

El método centra su atención en el denominado “embodiement design” (diseño para dar forma), pero para ello, propone un desarrollo de proyecto por módulos funcionales separados, lo cual tiene como ventaja la simplificación del análisis, pero la desventaja de que puede llegarse a una propuesta de conjunto muy compleja. En este modelo el proceso de diseño (o desarrollo de productos) es descompuesto en cuatro fases principales. (Torres Charry, 2013, p.9)



**Figura 5-2:** Modelo prescriptivo del diseño de Pahl y Beitz

Fuente: (Torres Charry. 2013)

### *2.5.2.3 Modelo cognitivo*

Los modelos cognitivos buscan hacer una descripción formal de la forma de actuación del conocimiento del individuo que diseña. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.26)

La dificultad de construir modelos que representen la actividad cognitiva del diseñador obedece, entre otras cosas, a que el diseñar es una clase de aprendizaje en la que las habilidades y las capacidades son adquiridas después de aprender técnicas, de asimilar conocimiento específico y general, y de inspeccionar experiencias exitosas del pasado. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.27)

### *2.5.2.4 Modelo computacional*

En general se acepta que la actividad de diseño se divide en dos categorías de procesos mentales y de acciones: el análisis y la síntesis. El desarrollo de herramientas informáticas para el diseño se ha centrado en particular en los procesos de análisis, mientras que la síntesis ha tenido muy poco desarrollo. Aun así, hay investigaciones sobre el tema, principalmente orientadas a la definición de estructuras informáticas que permitan construir herramientas de apoyo a la actividad de diseño. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.31)

## **2.6 Procesos de manufactura**

La manufactura, en su sentido más amplio, es el proceso de convertir la materia prima en productos; incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

La manufactura es la columna vertebral de cualquier nación industrializada. Su importancia queda enfatizada por el hecho que, como una actividad económica, comprende aproximadamente de 20 a 30 por ciento del valor de todos los bienes y servicios producidos. El nivel de la actividad manufacturera de un país, está directamente relacionado con una economía saludable. Por lo general, mientras más elevado es el nivel de la actividad de manufactura de un país, más alto es el nivel de vida de la población. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

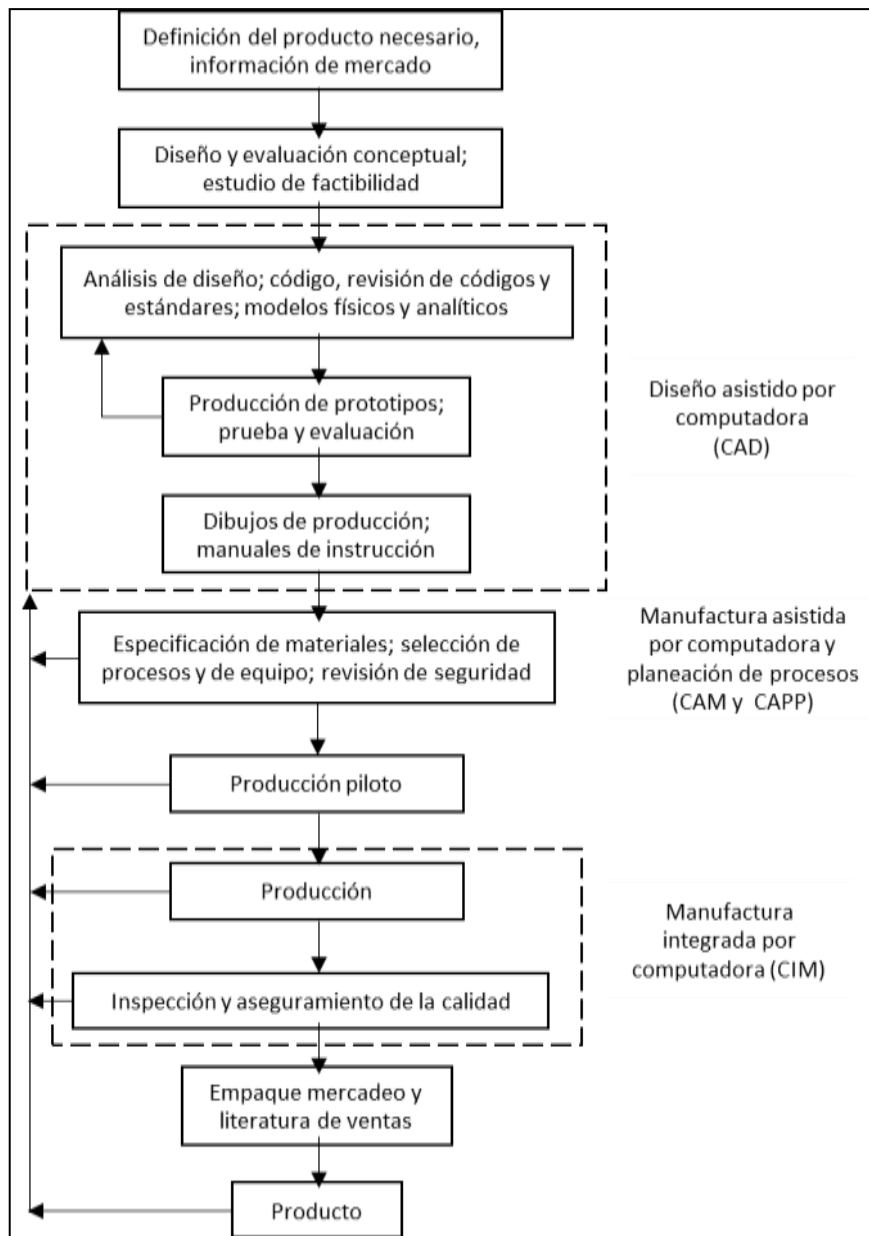
La manufactura también involucra actividades en que el producto manufacturado mismo se utiliza para fabricar otros productos. Ejemplo de estos son las grandes prensas para conformar la lámina de metal para las carrocerías de automóvil, la maquinaria para fabricar pernos y tuercas, y las máquinas de coser. Un aspecto igualmente importante de las actividades de manufactura es el servicio y el mantenimiento de dicha maquinaria durante su vida útil. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

La palabra manufactura se deriva del latín factus, que significa hecho a mano. La palabra manufactura apareció por primera vez en 1567, y la palabra manufactura en 1683. En el sentido moderno, la manufactura involucra la fabricación de productos a partir de materias primas mediante varios procesos, maquinarias y operaciones, a través de un plan bien organizado para cada actividad requerida. La palabra producto significa algo producido, y las palabras producto y producción aparecieron por primera vez durante el siglo XV. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

### ***2.6.1 Procedimiento de producción***

Un procedimiento de desarrollo de productos más moderno aparece en la figura. Aunque todavía incluye el flujo de producto general del análisis de mercado a diseño y a manufactura, contiene iteraciones deliberadas. La diferencia principal con el procedimiento más antiguo es que todas las disciplinas están involucradas en las primeras etapas de diseño, por lo que las iteraciones que por naturaleza ocurren resultan en menos esfuerzos desperdiciados y menos tiempo perdido. Clave para el nuevo procedimiento es la importancia ahora bien reconocida de la comunicación entre y dentro de las disciplinas. Esto es, tanto debe existir comunicación entre las funciones de ingeniería, mercadeo y servicio, de la misma manera deben existir avenidas de interacción entre subdisciplinas de ingeniería, por ejemplo, diseño para manufactura, reciclabilidad de diseño, diseño para la seguridad. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.10-11)





**Figura 6-2: Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto**

Fuente: (PUGH, 1991)

### 2.6.2 Recomendaciones para la construcción

La construcción de la máquina recicladora de thinner usado en los procesos de chapa y pintura se generaliza a la explicación de las partes que la conforman.

La estructura metálica de la máquina recuperadora de thinner se basa en la cubierta de los elementos que realiza las acciones de destilado de thinner utilizando perfiles y chapa metálica.



**Figura 7-2: Cubierta metálica**

Fuente: (Autor)

El calentador del sistema consiste en una cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica que calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético en vez de calentar mediante calor producido por resistencias. Estas cocinas utilizan un campo magnético alternante que magnetiza el material ferromagnético del recipiente en un sentido y en otro. Este proceso tiene menos pérdidas de energía. El material se agita magnéticamente, la energía absorbida se desprende en forma de calor y calienta el recipiente.

Datos:

Marca: Duxtop inducción cooktop

Voltaje: 120 V

Amperios: 15 amperios de electricidad

Conexión: estándar en todos los hogares

Ligero y compacto para un fácil manejo y almacenamiento

Panel de control digital

Temporizador digital cuenta con incrementos de 5 min -170 minutos

Rango de temperatura: 140 °F a 460 °F

Potencia: 10 niveles de potencia de 200 - 1800 vatios

Compatible con duxtop whole-clad Premium.

Batería de cocina y otras inducciones cocina tales como aluminio fundido Hierro y Acero esmaltado, de acero inoxidable con una parte inferior magnética, o hierro fundido

Sistema de advertencia de baja y alta tensión.



**Figura 8-2: Calentador del sistema**

Fuente: (Autor)

El tanque de ebullición se lo conoce también como generador de vapor.

Es en este componente donde se almacena el thinner que se va destilar. Por lo general, dispone de una acometida hidráulica que permite reponer el líquido que se evapora y destila; los tanques de precalentamiento y de ebullición se fabrican generalmente en vidrio en pequeños destiladores o en laboratorio o en acero inoxidable, cobre recubierto con estaño o titanio en máquinas de gran capacidad. (Robalino D, 2012: pp.26-27)



**Figura 9-2: Tanque de ebullición**

Fuente: (Autor)

Puede disponer de controles de nivel, flujo y calidad de alimentación, que protege al destilador en caso de que se presente alguna irregularidad en el suministro de agua. Como fuente de energía se puede utilizar el vapor de agua proveniente de una caldera o generador de vapor, o la energía térmica generada mediante resistencias eléctricas de inmersión, que transmiten, mediante conducción directa, energía térmica al líquido. Esto hace que la temperatura del líquido aumente, hasta que, a condiciones normales (presión

atmosférica=1 atm. y gravedad=9.8m/s<sup>2</sup>), el líquido se transforme en vapor. (Robalino D, 2012, p.27)

El nivel de solvente permite regular la cantidad de líquido dentro del tanque de ebullición, puede ser conectado directamente a la acometida que suministra el líquido. Al momento que el líquido disminuye en el tanque, el dispositivo permite recuperar la cantidad de thinner que se ha evaporado. (Robalino D, 2012, p.27)

Thinner es el líquido que se encuentra dentro del tanque de ebullición. Recibe la energía térmica que transfieren las resistencias térmicas en inmersión y se convierte en fase vapor, cuando se cumple las condiciones de presión y temperatura requeridas. (Robalino D, 2012, p.27)

El termómetro de bulbo se utiliza para medir el vapor de thinner que se contiene en el tanque de ebullición y así poder controlar la presión y temperatura que existe en el recipiente.

Datos:

El termómetro bimetálico de la serie BTH se utiliza para medir la temperatura de horno de leña, Barbacoa de gas, chimenea, también podrá utilizarse para la medida de la temperatura de los gases de escape de las calderas, hornos y quemadores.

El eje del termómetro acero inoxidable AISI 304, y tiene una longitud de 8 cm.

Puede medir la temperatura de 0-120°C / 0-250°F.



**Figura 10-2: Termómetro de bulbo**

Fuente: (Autor)

Las válvulas de control de paso son un dispositivo que puede ser mecánico o electromecánico que permite regular la entrada y salida del flujo de líquido al tanque del generador de vapor o al tanque condensador donde se enfría el solvente.

Datos:

Válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta)

De paso total, con prensa-estopa en el eje para asegurar una gran duración y un perfecto uso de la válvula, garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido.



**Figura 11-2: Válvulas de control de paso 1/4"**

Fuente: (Autor)

La tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos hacia el tanque de almacenamiento puede ser de diferentes materiales según su utilización.



**Figura 12-2: Tuberías**

Fuente: (Autor)

El 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 líquido pierde energía térmica, se enfría y vuelve a las 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. (Robalino D, 2012, p.28)



**Figura 13-2: Condensado**

Fuente: (Autor)

El depósito de agua es un recipiente el cual contiene el líquido refrigerante que entra y sale del condensador, este se encuentra acoplado a la estructura metálica del sistema.

La bomba de agua sumergible es un elemento que tiene un impulsor sellado a la carcasa, el conjunto se sumerge en el líquido a bombear, la ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido, un sistema de sellos mecánicos se utiliza para prevenir que el líquido que se bombea entre en el motor y no cause un cortocircuito, la bomba se conecta a una manguera flexible que envía el agua refrigerante al condensador.

Datos:

Voltaje: 110-240 V; 50/60Hz

Potencia: 25 W

Dimensiones: 115\*60\*70mm

Caudal máximo: 1500L/h (400 GPH)

H-max (altura de Elevación): 2 m

Multifunción y dos boquillas: accesorios roscados que sea más estable, el material del eje impulsor es de cerámica para una larga vida útil y la resistencia a la corrosión.

Control de flujo de agua: perilla ajustable para controlar la tasa de flujo de agua, para que pueda obtener la cantidad de presión de agua que desee.



**Figura 14-2: Bomba de agua sumergible**

Fuente: (Autor)

Depósito de líquido destilado es un recipiente en el cual se recolecta el fluido que ha sido sometido a la destilación.

El thinner destilado debe almacenarse en recipientes especiales según especificaciones de otras fabricantes, por lo general, a gran escala se almacena en tanques de acero inoxidable y a pequeñas cantidades en recipientes plásticos, en cualquiera de los dos casos se debe tener bien sellados los recipientes para evitar la evaporación del producto. (Robalino D, 2012, p.28)



**Figura 15-2: Depósito de líquido destilado**

Fuente: (Autor)

Como resultado del proceso de destilación del thinner a más de la obtención del solvente purificado se obtienen residuos conocidos como productos de cola, mismos que serán drenados con suma precaución durante el proceso de destilación, ya que si son retirados al final del proceso su estado casi sólido impediría su correcta manipulación. Con los productos de cola es posible conseguir con un tratamiento previo una especie de pintura fondo para metales, es decir, no se desperdicia nada. (Robalino D, 2012, p.28)

### 2.6.2.1 Materiales

La construcción de la máquina de recuperación de thinner tiene a bien ser construida mediante varios parámetros en los cuales los materiales son base importante para mantener el estado de la solución.

- *Acero inoxidable*

El acero inoxidable es un acero de elevada pureza y resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígenos son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos inter-granulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno. (Robalino D, 2012: pp.53-54)

- *Tuberías y acoplamientos*

Las tuberías y acoplamientos del sistema se adaptan al mismo tipo de material de los tanques o recipientes que albergan la solución, a fin de evitar corrosión y evitar residuos que afecten la propiedad del material, así se debe mantener en cuenta para fluidos de temperatura alta materiales como cañerías de cobre y para fluidos de temperatura ambiente o baja se utilizara mangueras plásticas.

- *Válvulas de control*

Las válvulas check o válvulas de retención son utilizadas para no dejar regresar un fluido dentro de una línea. Esto implica que cuando las bombas son cerradas para algún mantenimiento o simplemente la gravedad hace su labor de regresar los fluidos hacia abajo, esta válvula se cierra instantáneamente dejando pasar solo el flujo que corre hacia la dirección correcta. Por eso también se les llama válvulas de no retorno. Obviamente



que es una válvula unidireccional y que debe de ser colocada correctamente para que realice su función usando el sentido de la circulación del flujo que es correcta. (Robalino D, 2012: pp.54-55)

- *Condensador*

La función principal del condensador en una central térmica es ser el foco frío o sumidero de calor dentro del ciclo termodinámico del grupo térmico. Por tanto, su misión principal es condensar el vapor que proviene de la destilación en condiciones próximas a la saturación y evacuar el calor de condensación (calor latente) al exterior mediante un fluido de intercambio (aire o agua). (Robalino D, 2012, p.57)

El condensador aluminio-cobre tipo serpentín, presenta la mejor opción para este destilador, ya que, unidad condensadora exterior en lámina galvanizada y pre-pintada resistente a la corrosión, económicamente viable y de fácil instalación y mantenimiento. (Robalino D, 2012, p.57)

Para este caso es apropiado utilizar serpentín de cobre, por el cual fluirá el thinner destilado para su posterior recuperación. Según bibliografía consultada y relacionando a este equipo se procederá a poner un espiral de 4 metros por cada 100 litros. (Robalino D, 2012, p.57)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Parámetros de diseño

##### 3.1.1 *Balance de masa*

Mediante el balance de masa se calcula todos los flujos y las concentraciones de entrada y salida del purificador.

$$E = S + A \quad (1)$$

Dónde: E: entrada

S: salida

A: acumulación

##### 3.1.2 *Balance de energía*

Esta operación sirve para determinar la cantidad de calor que pasa de las resistencias hacia el fluido, para conocer la cantidad de calor que es aprovechado en cada una de las cámaras del purificador.

##### 3.1.3 *Calor aprovechado*

Determina la cantidad de calor que está siendo aprovechada en el equipo.

$$Q = M_c * H_c + M_v * H_v + M_A * H_A \quad (2)$$

Dónde: Q: calor aprovechado

M<sub>c</sub>: masa del concentrado

H<sub>c</sub>: entalpia del concentrado

M<sub>v</sub>: masa del evaporado

Hv: entalpia del evaporado

MA: masa de la alimentación

HA: entalpia de la alimentación

## **3.2 Variables de diseño**

### **3.2.1 Seguridad**

La seguridad que caracteriza a una máquina recicladora de thinner destaca situaciones de alta importancia para la utilización de la misma, ya sea sobre la información del ingrediente, la identificación de peligros, medidas de primeros auxilios, extinción de incendios, fugas accidentales, manejo y almacenamiento, control de exposición y protección personal, propiedades físicas y químicas, estabilidad y reactividad, información toxicológica, información ecológica, consideraciones sobre disposición, información sobre transporte, reglamentos e información adicional, documentación detallada que se amplía en el Anexo A.

### **3.2.2 Normas de homologación**

La construcción de la máquina recicladora de thinner aplica normas según el requisito del solvente, para preservar la integridad y los recursos de quienes lo producen y adquieren.

La norma de mayor relevancia para el solvente en el Ecuador se rige por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 163:99 - Solventes. Adelgazadores (Thinner). Requisitos.

## **3.3 Diseño del equipo**

### **3.3.1 Cálculo de tanque de ebullición**

#### *3.3.1.1 Calculo de la altura de cilindro*

Datos:

Diámetro=  $\phi$ = 24.5cm

Volumen máximo=  $V_M = 11.5 \text{ L} \Rightarrow 11500 \text{ cm}^3$

$$V_M = \frac{\pi * \phi^2 * h}{4} \quad (3)$$

$$h_M = \frac{V_M * 4}{\pi * \phi^2} \quad (4)$$

$$h_M = \frac{11500 \text{ cm}^3 * 4}{\pi * 24.5 \text{ cm}^2}$$

$$h_M = 24.49 \text{ cm} \approx 24.5 \text{ cm}$$

### 3.3.1.2 Volumen de trabajo máximo

Datos:

Diámetro=  $\phi = 24.5 \text{ cm}$

Altura máxima =  $h_M = 24.5 \text{ cm}$

$$V_M = \frac{\pi * \phi^2 * h_M}{4} \quad (5)$$

$$V_M = \frac{\pi * 24.5 \text{ cm}^2 * 24.5 \text{ cm}}{4}$$

$$V_M = 11500 \text{ cm}^3 \Rightarrow 11.55 \text{ L}$$

### 3.3.1.3 Volumen mínimo de trabajo

Datos:

Diámetro=  $\phi = 24.5 \text{ cm}$

Altura mínima =  $h_m = 12.25 \text{ cm}$

$$V_m = \frac{\pi * \phi^2 * h_m}{4} \quad (6)$$

$$V_m = \frac{\pi * 24.5 \text{ cm}^2 * 12.25 \text{ cm}}{4}$$

$$V_m = 5775.08 \text{ cm}^3 \Rightarrow 5.77 \text{ L}$$

### 3.3.1.4 Calculo de la masa del volumen diluido

Datos:

Volumen de trabajo máximo=  $V_M = 11.55$  L

Densidad del thinner=  $\rho_{\text{thinner}}: 0,80$  g/ml  $\Rightarrow 800$  g/L

$$\begin{aligned} m &= \rho * V & (7) \\ m &= 800 \text{ g/L} * 11.55 \text{ L} \\ m &= 9240 \text{ g} \end{aligned}$$

### 3.3.1.5 Calculo de la masa del volumen evaporado

Datos:

Volumen de trabajo máximo=  $V_M = 11.55$  L

Volumen de trabajo mínimo=  $V_m = 5.77$  L

Densidad del thinner=  $\rho_{\text{thinner}}: 0,80$  g/ml  $\Rightarrow 800$  g/L

$$\begin{aligned} V_e &= V_M - V_m & (8) \\ V_e &= 11.55 \text{ L} - 5.77 \text{ L} \\ V_e &= 5.78 \text{ L} \Rightarrow 5780 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_e &= \rho * V_e & (9) \\ m_e &= 800 \text{ g/L} * 5.78 \text{ L} \\ m_e &= 4624 \text{ g} \end{aligned}$$

### 3.3.2 Balance de masa

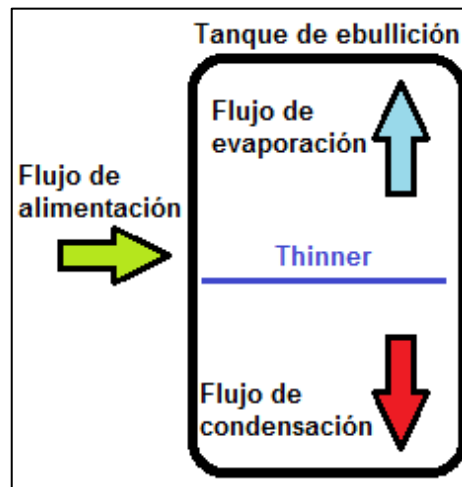


Gráfico 3-3: Variables del proceso

Fuente: (Autor)

- Flujo de alimentación

- Flujo de alimentación=  $F_A = 11.55L * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{0.8 g}{1 mL} * \frac{1 Kg}{1000 g} = \frac{9.2 kg}{0.0883h} = 104.19$   
 $kg/h$

- Fracción de resina epoxica=  $X = 2\%$

- Fracción de thinner=  $Y = 98\%$

- Temperatura del fluido=  $T = 17^\circ C$

- Entalpía=  $H_A = 542.9984 \text{ KJ}/Kg$

- Flujo de evaporación

- Flujo de evaporación=  $F_E = 5.78L * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{0.8 g}{1 mL} * \frac{1 Kg}{1000 g} = \frac{4.616 Kg}{0.0883h} = 51,08 \text{ Kg}/h$

- Fracción de resina epoxica=  $X = 1\%$

- Fracción de thinner=  $Y = 99\%$

- Temperatura del fluido=  $T = 90^\circ C$

- Entalpía=  $H_E = 548.5392 \text{ KJ}/Kg$

- Flujo de condensación

- Flujo de entrada=  $F_C = 5.77L * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{0.8 g}{1 mL} * \frac{1 Kg}{1000 g} = \frac{4.616 Kg}{0.0883h} = 53.11 Kg/h$
- Fracción de resina epoxica= X= 95%
- Fracción de thinner= Y= 5%
- Temperatura del fluido= T= 90 °C
- Entalpía=  $H_C = 27.704 KJ/Kg$

**Tabla 4-3: Composición del Thinner (Calores de vaporización)**

Sustancia	Contenido (%)	Contenido alimentación (%)	Contenido condensado (%)	Contenido evaporado (%)	Entalpia cal/g	KJ/Kg
Tolueno	50**	49*	2,5*	49,5*	98,55	411,9
Alcohol metílico	15	14,7	0,75	14,85	284,29	1188,4
Acetato de etilo	15	14,7	0,75	14,85	96,75	404,4
Hexano	5	4,9	0,25	4,95	87,50	365,8
Alcohol etílico	5	4,9	0,25	4,95	204,26	853,8
Acetona	5	4,9	0,25	4,95	134,74	563,2
m-xileno	5	4,9	0,25	4,95	96,03	401,4
TOTAL	100	98	5	99		

Valores ponderados a los correspondientes porcentajes de alimentación, condensado y evaporado, utilizados en el diseño del equipo.

Fuente: (PERRY R.)

**Tabla 5-3: Entalpías de las corrientes del destilador**

sustancia	Entalpia H (KJ/kg)	$H_f = y_f * H$	$H_e = y_e * H$	$H_e = y_e * H$
Tolueno	411,9	201,831	10,2975	203,8905
Alcohol metílico	1188,4	174,6948	8,913	176,4774
Acetato de etilo	404,4	59,4468	3,033	60,0534
Hexano	365,8	17,9242	0,9145	18,1071
Alcohol etílico	853,8	41,8362	2,1345	42,2631
Acetona	563,2	27,5968	1,408	27,8784
m-xileno	401,4	19,6686	1,0035	19,8693
	TOTAL	542,9984	27,704	548,5392

Fuente: (ROBALINO D.)

### 3.3.2.1 Balance de masa total

$$F_A = F_C + F_E \quad (10)$$

$$F_E = F_A - F_C \quad (11)$$

$$F_E = 104.19 \text{ Kg/h} - 53.11 \text{ Kg/h}$$

$$F_E = 51.08 \text{ Kg/h}$$

### 3.3.2.2 Balance de masa del soluto

$$F_A = F_C + F_E \quad (12)$$

$$F_A\% = F_C\% + F_E\% \quad (13)$$

$$F_E\% = F_A\% - F_C\% \quad (14)$$

$$\%E = \frac{F_A\% - F_C\%}{F_E} \quad (15)$$

$$\%E = \frac{104.19 * 2\% - 53.11 * 1\%}{51.08}$$

$\%E = 0.03 \approx 3\%$  de fracción de resina epóxica en el concentrado.

### 3.3.3 Balance de energía

#### 3.3.3.1 Cálculo del calor aprovechado en el evaporador

$$Q = F_A * H_A - F_E * H_E + F_C * H_C \quad (16)$$

$$Q = 104.19 \text{ Kg/h} * 542.9984 \text{ KJ/Kg} - 51.08 \text{ Kg/h} * 548.5392 \text{ KJ/Kg} + 53.11 \text{ Kg/h} * 27.704 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q = 30026.98 \text{ KJ/h}$$

#### 3.3.4 Especificaciones del diseño

El diseño de la máquina recuperadora de thinner se basa en varios parámetros de funcionamiento de los elementos que lo conforman como las dimensiones, tipo de trabajo, potencia y materiales de construcción, estas se irán evaluando conforme se realice los ensayos de funcionamiento.



Las condiciones de funcionamiento favorecen a la máquina recuperadora para tener valores óptimos de desempeño, sin embargo la eficiencia, ergonomía, seguridad y capacidad de trabajo son destinadas para una producción en pequeñas cantidades de thinner para la reutilización.

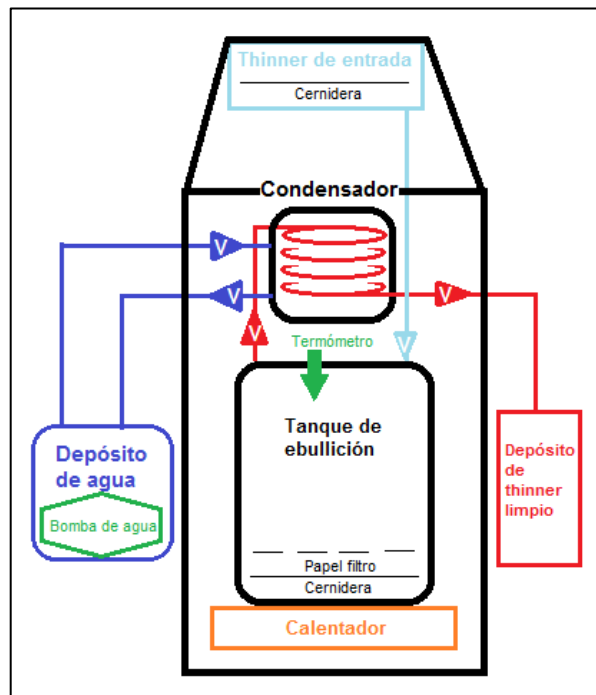
**Tabla 6-3: Especificaciones para diseño de la maquina recuperadora de thinner**

Elemento	Material	Medida	Especificaciones
Estructura metálica (perfil)	ASTM A36 Acero	Tipo L 45 x 20mm	Plano Estructura metálica (perfil)
Estructura metálica (chapa metálica)	Acero liso	Espesor 2mm	Plano Estructura metálica (chapa metálica)
Calentador	Vitrocerámico	290 x 330 x 65mm	Marca: Duxtop inducción cooktop Voltaje: 120 V Amperios: 15 Conexión: estándar Panel de control digital Temporizador digital incrementos de 5 min -170 minutos Rango de temperatura: 140 °F a 460 °F Potencia: 10 niveles de potencia de 200 - 1800 vatios
Tanque de ebullición	Acero inoxidable	245 x Ø245mm	Acondicionado para cernidero metálico Abrazaderas de seguridad Válvula de salida de vapor Orificio de entrada de vapor
Termómetro	Acero inoxidable AISI 304	80mm	Bimetal de la serie BTH. Mide temperatura de 0-120°C / 0-250°F.
Válvula de control	Bronce	Ø10mm	Cierre rápido (1/4" de vuelta)
Tubería (entrada de thinner)	Plástico	430 x Ø10mm	
Tubería (salida de thinner al condensador)	Cobre	1430 x Ø10mm	
Tubería (salida de thinner al depósito)	Plástico	580 x Ø10mm	
Tubería (entrada y salida de condensador)	Plástico	580 x Ø10mm	0

**Tabla 6-3 (Continua): Especificaciones para diseño de la maquina recuperadora de thinner**

Condensador	Aluminio-cobre	160 x Ø160mm	Válvula de entrada de agua Válvula de salida de agua
Depósito de agua	Acero liso	200 x 200 x 150mm	
Bomba de agua	Plástico	115 x 60 x 70mm	Voltaje: 110-240 V; 50/60Hz Potencia: 25 W Caudal máximo: 1500L/h (400 GPH) H-max (altura de Elevación): 2 m Multifunción y dos Boquillas
Depósito de thinner	Plástico	200 x Ø145mm	

Fuente: (Autor)



**Figura 16-3: Diseño de la maquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)

### 3.4 Construcción del equipo

#### 3.4.1 Planos

La construcción de la maquina recuperadora de thinner se basa en el diseño realizado, tomando en cuenta varias especificaciones proyectadas en cada plano de las piezas que constituyen el equipo de destilación.

**Tabla 7-3: Denominación y codificación de la máquina recuperadora de thinner**

N° DE LÁMINAS	DESIGNACIÓN	CODIFICACIÓN
1	Estructura metálica (perfil)	FM-CIA-OP-AB-001-2018
2	Estructura metálica (chapa metálica)	FM-CIA-OP-AB-001-2018
3	Lámina parte superior	FM-CIA-OP-AB-001-2018
4	Depósito de thinner 2	FM-CIA-OP-AB-001-2018

Fuente: (Autor)



**Figura 17-3: Máquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)



**Figura 18-3: Interior de la máquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)

Las opciones de manufactura de los elementos que conforman la máquina recuperadora de thinner fueron diseñadas y construidas en base a las funciones y especificaciones de cada elemento a fin establecer el mejor método para su funcionamiento.

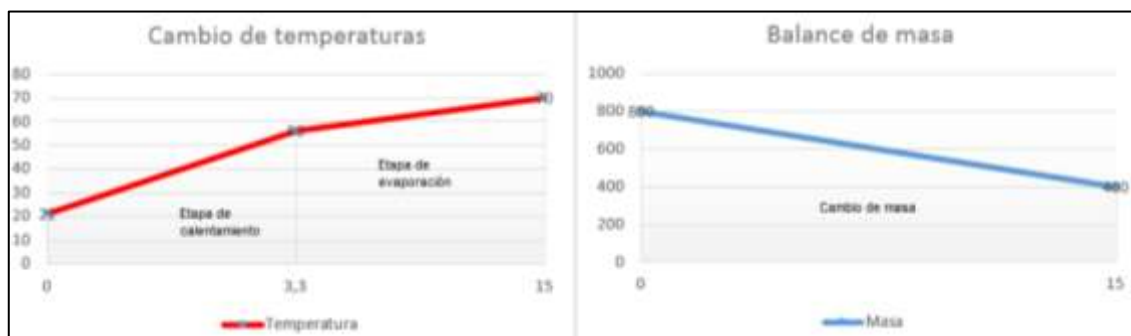
### 3.5 Pruebas y funcionamiento

Las actividades para la validación de la máquina recuperadora de thinner, tomando en cuenta el diseño y su desarrollo, los cuales emplean modificaciones y verificaciones para confirmar los parámetros de construcción de los elementos.

Los elementos se someten a ensayos que acrediten los procesos, mediante la evaluación y actuación de los elementos en cada actividad.

#### 3.5.1 Prueba 1

El análisis de funcionamiento de la máquina recuperadora de thinner se evidencia mediante los datos receptados en el Anexo A, en la muestra N°1, esta prueba se realizó teniendo 100% de thinner limpio y 0% de residuos de pintura; se observa en las figuras las etapas de incremento de temperatura vs tiempo y el decrecimiento del volumen de thinner vs tiempo.

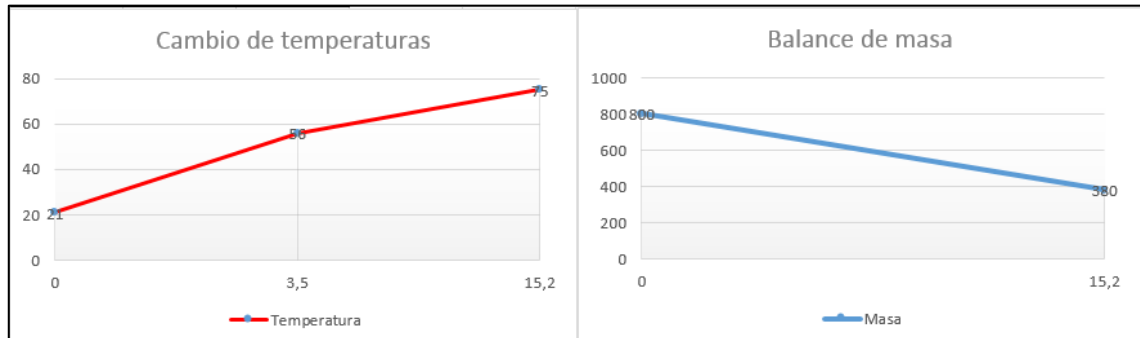


**Gráfico 4-3: Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 1)**

Fuente: (Autor)

### 3.5.2 Prueba 2

La prueba de funcionamiento de la máquina recuperadora de thinner se evidencia mediante los datos receptados en el Anexo A, en la muestra N°2, esta se realizó teniendo 95% de thinner limpio y 5% de residuos de pintura; se observa en las figuras las etapas de incremento de temperatura vs tiempo y el decrecimiento del volumen de thinner vs tiempo.

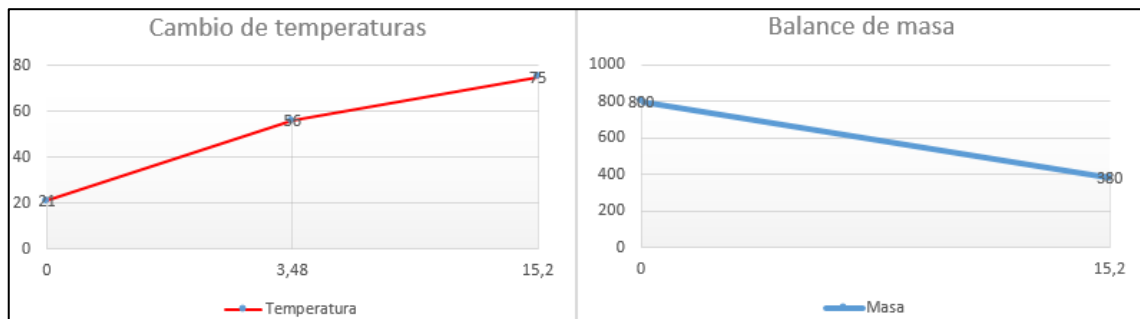


**Gráfico 5-3: Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 2)**

Fuente: (Autor)

### 3.5.3 Prueba 3

La prueba de funcionamiento de la máquina recuperadora de thinner se evidencia mediante los datos receptados en el Anexo A, en la muestra N°3, esta se realizó teniendo 95% de thinner limpio y 5% de residuos de pintura; se observa en las figuras las etapas de incremento de temperatura vs tiempo y el decrecimiento del volumen de thinner vs tiempo.

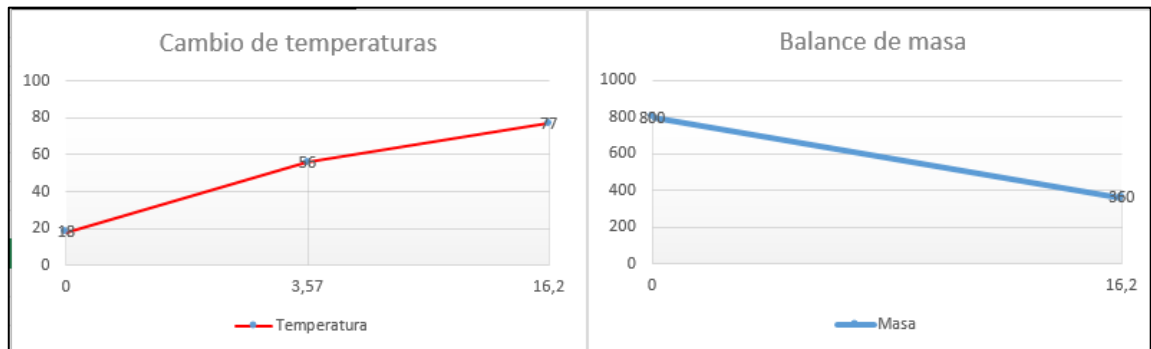


**Gráfico 6-3: Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 3)**

Fuente: (Autor)

### 3.5.4 Prueba 4

La prueba de funcionamiento de la máquina recuperadora de thinner se evidencia mediante los datos receptados en el Anexo A, en la muestra N°4, esta se realizó teniendo 90% de thinner limpio y 10% de residuos de pintura; se observa en las figuras las etapas de incremento de temperatura vs tiempo y el decrecimiento del volumen de thinner vs tiempo.

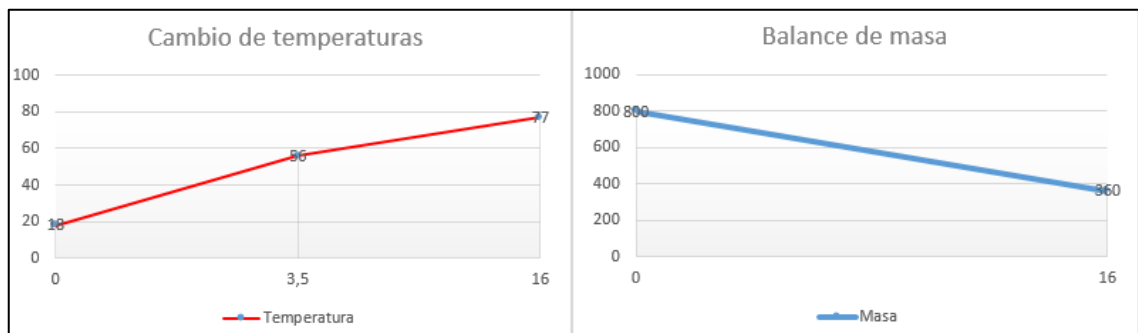


**Gráfico 7-3: Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 4)**

Fuente: (Autor)

### 3.5.5 Prueba 5

La prueba de funcionamiento de la máquina recuperadora de thinner se evidencia mediante los datos receptados en el Anexo A, en la muestra N°5, esta se realizó teniendo 90% de thinner limpio y 10% de residuos de pintura; se observa en las figuras las etapas de incremento de temperatura vs tiempo y el decrecimiento del volumen de thinner vs tiempo.

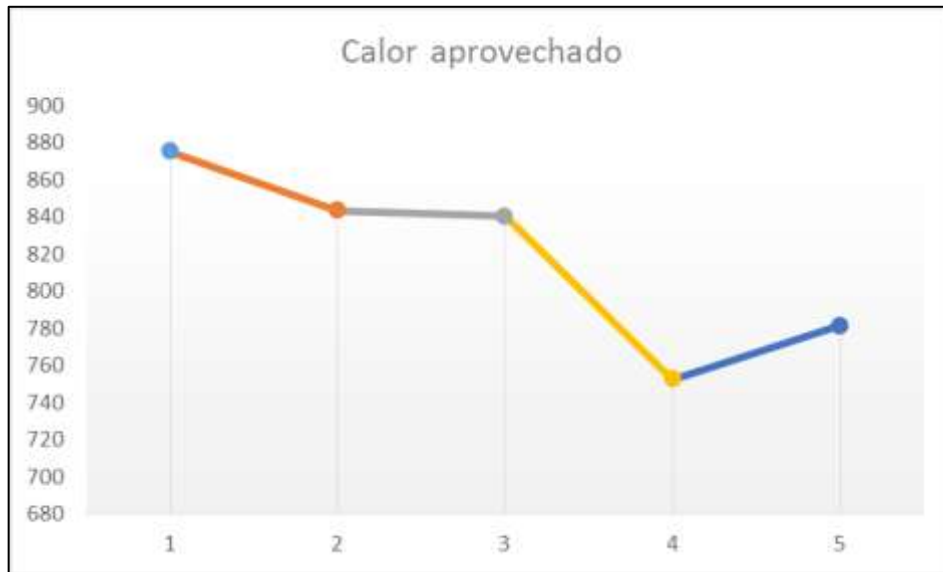


**Gráfico 8-3: Etapas de temperatura / Balance de masa (Prueba 5)**

Fuente: (Autor)

### 3.6 Análisis de resultados

El comportamiento del calor aprovechado evidencio un mayor aprovechamiento en la prueba N°1 cuando el thinner se encuentra 100% limpio de residuos de pintura, y una prueba N°4 con bajo aprovechamiento teniendo 90% de thinner y 10% de residuos de pintura.



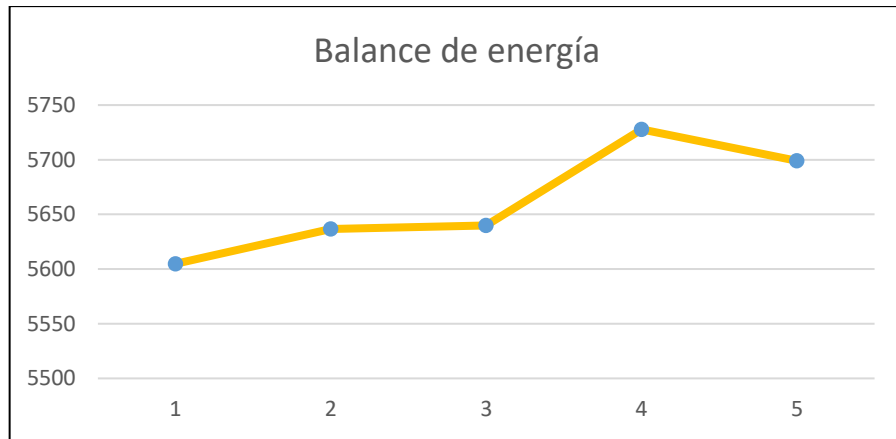
**Gráfico 9-3: Calor aprovechado en la máquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)

Este comportamiento evidencia que al tener mayor cantidad de residuos de pintura se reduce el aprovechamiento de calor en el sistema debido a que los residuos no se evaporan y reducen el volumen en el tanque de evaporación, es decir 5% de residuos de pintura disminuye el aprovechamiento de calor en un aproximado de  $50 \text{ KJ/h}$ .

Las propiedades coligativas son mayores al abatimiento de la presión de vapor y este es mayor al aumento del punto de ebullición.

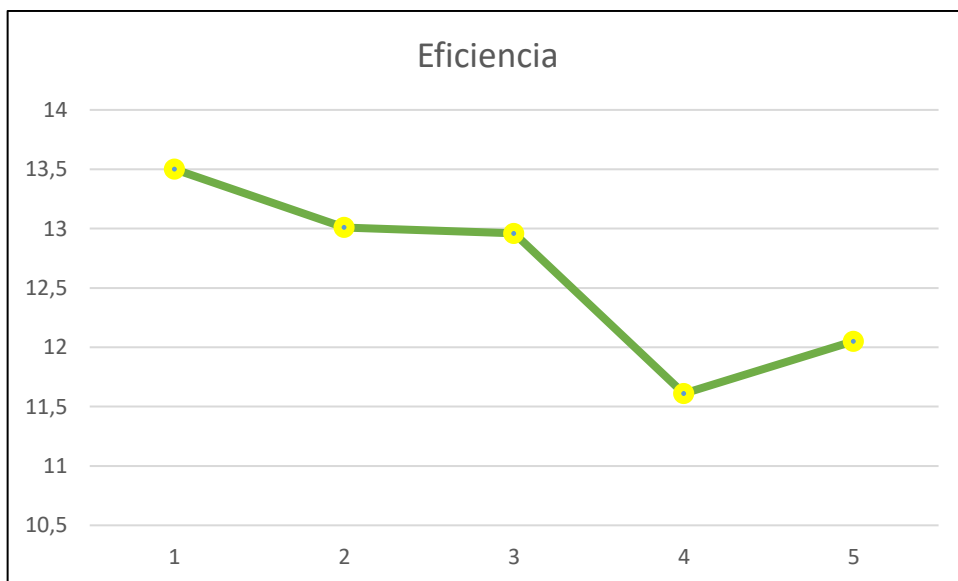
El balance de energía o cambio de energía entre la transferencia neta de energía por calor y el trabajo realizado se cumplió de mejor manera en la prueba N°4 y 5, al tener mayor incidencia de residuos de pintura se necesita mayor cantidad de calor para poder realizar la destilación.



**Gráfico 10-3: Balance de energía en la máquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)

La eficiencia de la máquina recuperadora de thinner se toma del calor aprovechado en el sistema para el calor suministrado de la potencia de calor del calentador.



**Gráfico 11-3: Eficiencia en la máquina recuperadora de thinner**

Fuente: (Autor)

El porcentaje de eficiencia en el sistema es bajo con un promedio de 12,626% aprovechado en todas las pruebas, su mayor eficiencia se da con thinner limpio con 13,5% de eficiencia.

Los resultados obtenidos por la máquina recuperadora de thinner evidencian un funcionamiento estable, seguro y que cumple con la actividad esperada, reduce el impacto



al medio ambiente y da un buen tratamiento a los residuos de pintura, sin embargo la producción para transformar thinner con residuos de pintura automotriz a thinner limpio y reciclado es baja, ya que por cada litro de thinner con residuos el sistema transforma un 45- 50% y la eficiencia de la interacción entre los calores aprovechados y suministrados al funcionamiento presentan solo un 13,5%.

### **3.6.1 Manual de operación**

Al analizar todos los requerimientos necesarios para la instalación y puesta en marcha de la máquina recuperadora de thinner, se toma en cuenta el diseño, la capacidad y el tipo de destilador, a razón de estos parámetros los servicios requeridos pueden variar; entre los más comunes e idóneos para éste caso se tiene los siguientes:

- Lugar apto para la instalación: el equipo debe ser ubicado en un lugar amplio, con suficiente ventilación e aislado del contacto directo con la luz solar, todo esto debido a que el destilador transfiere calor y esto aumenta la temperatura del sitio, también habrá emanación de olores característicos del thinner lo que se opacará con la ventilación, es necesario dejar espacios libres alrededor del destilador de forma que se facilite el flujo de aire.
- Colocar un soporte metálico sobre el cual se asiente el equipo facilitará la circulación de aire en la parte inferior y la obtención de los productos de cola.
- Servicio eléctrico: la energía eléctrica debe estar dotada de dispositivos de control y seguridad que garanticen su correcta utilización, además, estar dimensionadas a la potencia de los elementos resistivos que utiliza el destilador. Por lo general es de 110 V.
- Recipientes para albergar los contenidos: se necesita de cuatro tipos de recipientes bien definidos, el primero que tendrá en su interior el thinner proveniente de los residuos, ósea, el que será destilado; el segundo contendrá el producto destilado, ósea el thinner limpio, el tercero sirve para recolectar el producto de cola y el cuarto sirve para almacenar el agua refrigerante que circula por el sistema; todos éstos estarán debidamente ubicados y etiquetados para su disposición correcta.

- El sitio para albergar los materiales: el destilador puede necesitar de ajustes o cambio de piezas o ya sea mantenimiento para su correcto funcionamiento, por lo tanto, es vital contar con un escaparate que contenga herramientas y materiales que cumplan con las funciones deseadas.
- Botiquín de primeros auxilios: un buen botiquín de primeros auxilios, guardado en un lugar de fácil acceso, es una necesidad en todos los lugares de trabajo. Tenerlo todo preparado con antelación ayudará a afrontar cualquier urgencia médica sin perder tiempo. Debe incluir mascarillas y guantes quirúrgicos para el manejo y manipulación del producto a tratar. Hay que revisar regularmente el botiquín y reponer los artículos o medicamentos gastados o caducados. (Robalino D, 2012, p.30)

Pasos para la utilización de la máquina de recuperadora de thinner:

1. Colocar el papel filtro dentro del tanque de ebullición.



**Figura 19-3: Tanque de ebullición con papel filtro**

Fuente: (Autor)

2. Cerrar, asegurar el tanque de ebullición y colocar la manguera de alimentación al tanque de ebullición.



**Figura 20-3: Aseguramiento de tanque de ebullición**

Fuente: (Autor)

3. Colocar agua (3 litros) como refrigerante para condensar el vapor de thinner en el depósito de agua.



**Figura 21-3: Depósito de agua**

Fuente: (Autor)

4. Colocar las mangueras de recirculación de agua en el recipiente y abrir las válvulas de paso ¼” según los requerimientos.



**Figura 22-3: Válvulas de paso ¼” accionadas**

Fuente: (Autor)

5. Colocar las mangueras de salida del tanque de ebullición al recipiente de thinner recuperado.



**Figura 23-3: Salida de thinner**

Fuente: (Autor)

6. Alimentar de corriente 110 V al calentador del sistema y a la bomba de agua.



**Figura 24-3: Alimentación de corriente**

Fuente: (Autor)

7. Regular el caudal de paso de la bomba de agua según la necesidad.



**Figura 25-3: Regulador de caudal de agua**

Fuente: (Autor)

8. Poner en ON el calentador, fijar la potencia del calentador (5 W), la temperatura (140 °F), y el tiempo de funcionamiento (20 min).



**Figura 26-3: Calentador encendido**

Fuente: (Autor)

9. Colocar el solvente en el tanque de alimentación y dejar pasar al tanque de ebullición.



**Figura 27-3: Entrada de solvente**

Fuente: (Autor)

10. Activar el calentador del sistema.



**Figura 28-3: Inicio de funcionamiento del calentador**

Fuente: (Autor)

11. Esperar el tiempo de duración de funcionamiento del sistema.
12. Poner en OFF el calentador una vez terminado el tiempo determinado para la destilación.
13. Obtenemos la destilación de thinner deseada.
14. Vaciar el agua de refrigeración de su depósito.
15. Abrir el tanque de ebullición y sacar el papel filtro con los residuos de pintura.

### **3.6.2 *Manual de mantenimiento***

Los mantenimientos que se debe realizar a los elementos de la máquina recuperadora de thinner ayudaran a extender su vida útil.

Mantenimiento en la estructura metálica.

- Mantener los depósitos de entrada de thinner y depósito de agua libre de corrosión y libre de fluidos ajenos al funcionamiento.
- Revisar el estado y apriete de las mangueras y cañerías del sistema.
- Revisar conexiones eléctricas.

#### Mantenimiento en el equipo de destilación.

- Utilizar papel filtro para cada destilación.
- Limpiar el tanque de ebullición después de cada destilación.
- Limpiar las cañerías de paso de vapor de solvente.
- Mantener el condensador libre de corrosión y libre de fluidos ajenos al funcionamiento.
- Revisar el funcionamiento de la bomba de agua (voltaje de corriente, caudal).
- Revisar el funcionamiento del calentador (potencia, temperatura y tiempo de funcionamiento).
- Revisar el funcionamiento del termómetro.
- Revisar el funcionamiento de las válvulas de paso de agua y solvente.

## CAPÍTULO IV

### 4 ESTUDIO DE COSTOS

El estudio de costos de la máquina recuperadora de thinner intervino costos directos e indirectos, mismos que influyen en la producción y construcción del equipo.

#### 4.4 Costos directos

Estos costos se aplican especialmente a la adquisición de los productos y procesos para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 8-4: Costos directos**

TIPO DE RECURSOS	ACTIVIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
DIRECTOS	Material para construcción del apero	1	Estructura metálica (perfil)	40	\$ 40
		1	Estructura metálica (chapa metálica)	200	\$ 200
		1	Calentador	150	\$ 150
		1	Termómetro	50	\$ 50
		2	Válvulas de paso 1/4"	14	\$ 28
		1	Tubería de cobre	35	\$ 35
		1	Bomba de agua	45	\$ 45
		3	Mangueras	3,30	\$ 10
		1	Depósito de thinner	150	\$ 150
	Operaciones mecánicas	1	Conexiones eléctricas	25	\$ 25
		1	Soldadura	50	\$ 50
		1	Doblado de chapa metálica	30	\$ 30
		1	Pintado	80	\$ 80
		1	Taladrado	10	\$ 10

**Tabla 8-4:** Costos directos(continua)

	<b>Materiales para análisis</b>	1	Thinner	25	\$ 25
		1	Pintura	40	\$ 40
		1	Papel filtro	20	\$ 20
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 988</b>

Fuente: (Autor)

#### 4.5 Costos indirectos

Los costos indirectos no se ven afectados de manera directa en el proyecto.

**Tabla 9-4:** Costos indirectos

<b>TIPO DE RECURSOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>INDIRECTOS</b>	Viajes	4	Transporte de materiales	10	\$ 40
		3	Transporte de la máquina	10	\$ 30
	Varios	1	Materiales para ensayos	80	\$ 80
		1	Impresiones	70	\$ 70
	Asesoría externa	1	Capacitación para el manejo de la máquina	80	\$ 80
		1	Capacitación para el manejo de la sistematización de la información	100	\$ 100
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 400</b>

Fuente: (Autor)



## 4.6 TIR

### 4.6.1 Costos Totales

**Tabla 10-4:** Costos totales

<b>TIPO DE RECURSOS</b>	<b>TIPO DE RECURSOS</b>
Directos	\$ 988
Indirectos	\$ 400
<b>TOTALES</b>	<b>\$ 1.388</b>

Fuente: (Autor)

**Tabla 11-4:** Inversión total

<b>INVERSIONES</b>	<b>COSTO</b>
Máquina recuperadora de thinner	1.400,00
Materiales para ensayos	50,00
<b>Total inversiones</b>	<b>1.450,00</b>

Fuente: (Autor)

**Tabla 12-4:** Ingreso anual

<b>INGRESOS</b>	<b>COSTO</b>
Trabajo 5 días semana/ 3 horas diarias	15
Trabajo horas /mensual	60
Trabajo horas /año	3.120
Costo Hora de trabajo	2,50
<b>Total anual</b>	<b>7.800,00</b>

Fuente: (Autor)

**Tabla 13-4:** Egreso anual

<b>EGRESOS</b>	<b>COSTO AÑO 1</b>
Adecuación de la máquina	500,00
Mantenimiento de la máquina	100,00
Conductor (2 usd /costo total)	6.240,00
<b>Total egresos</b>	<b>6.840,00</b>

Fuente: (Autor)

**Tabla 14-4:** Flujo de caja

FLUJO DE CAJA	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
<b>Total ingresos</b>		7.800,00	7.800,00	7.800,00	7.800,00	7.800,00
<b>Egresos</b>		6.840,00	6.340,00	6.340,00	6.340,00	6.340,00
<b>Depreciación</b>		290,00	290,00	290,00	290,00	290,00
<b>Total egresos</b>		7.130,00	6.630,00	6.630,00	6.630,00	6.630,00
<b>Inversión</b>	-1.450,00					
<b>Ingresos - egresos</b>		670,00	1.170,00	1.170,00	1.170,00	1.170,00
<b>Flujo de caja</b>	<b>-1.450,00</b>	<b>670,00</b>	<b>1.170,00</b>	<b>1.170,00</b>	<b>1.170,00</b>	<b>1.170,00</b>

Fuente: (Autor)

**Tabla 15-4:** TIR

Tasa de descuento	12%	
<b>Tasa Interna de Retorno:</b>	<b>60%</b>	Si TIR es mayor que la tasa de descuento es viable, Si TIR es menor el proyecto inviable

Fuente: Autor Fuente: (Autor)

#### 4.7 VAN

**Tabla 16-4:** VAN

Tasa de descuento:	12%	
<b>Valor actual neto:</b>	<b>\$ 2.321,16</b>	Si VAN es positivo: proyecto viable Si VAN es negativo proyecto inviable
<b>Van Ingresos</b>	<b>\$ 28.117,25</b>	
<b>Van Egresos</b>	<b>\$ 23.300,71</b>	
<b>Relación Costo Beneficio:</b>	<b>\$ 1,21</b>	Si el valor es mayor a 1 proyecto viable Si es menor a 1 proyecto inviable Si es igual a 0 es indiferente

Fuente: (Autor)

## **CONCLUSIONES**

Actualmente en la ciudad de Riobamba se consumen en los procesos de pintura automotriz alrededor de 2000 litros de thinner al mes, de los cuales solo se están reciclando un 5%, lo que está generando un gran impacto ambiental.

El diseño de la máquina recuperadora de thinner con una capacidad de 5 litros por ciclo, tiene las dimensiones de 90 cm funciona con un sistema de inducción para incrementar la temperatura q se conecta a una fuente de alimentación de 120 v, el intercambiador de calor utiliza agua para el proceso de condensación

El proceso de construcción de la máquina recuperadora de thinner consideró materiales con grado de ingeniería de aplicación universal, que proporcione un nivel de calidad aceptable a las exigencias de funcionamiento, así como resistencia mecánica y costos de fabricación accesibles.

En funcionamiento la máquina recicladora de tinner presenta los siguientes resultados, la tasa de recuperación está entre 45-50% por cada litro, y los residuos al finalizar el proceso del 5 a 10%, resultado que ayuda a la reducción de la descarga de contaminantes al ambiente.

## **RECOMENDACIONES**

Continuar la investigación, llevando a la optimización del proceso de recuperación, basada en el uso del destilador implementado, con el objetivo de obtener eficiencias superiores al 50 por ciento alcanzados en este trabajo.

Considerar la posibilidad de una investigación complementaria para recuperación de thinner utilizando otros procesos (filtración, extracción por solventes, etc.) que permitirá la reducción de desechos nocivos al medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

WANKAT, P. *Ingeniería de procesos de separación*. 2ª ed. México: Pearson Educación, 2008 pp. 12-13.

KALPAKJIAN, S. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. [en línea]. 2002. [Consulta: 27 febrero 2019]. Disponible en: [https://books.google.com/books?id=gilYI9\\_KKAoC&pg=PA9&dq=Ingenier%C3%ADa+del+dise%C3%B1o+de+u+producto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL4LzRsaTdAhWGvVMKHVzwDqkQ6AEJ20producto&v=onepage&q=Ingenier%C3%ADa%20de%20dise%C3%B1o%20de%20un%20producto&f=false](https://books.google.com/books?id=gilYI9_KKAoC&pg=PA9&dq=Ingenier%C3%ADa+del+dise%C3%B1o+de+u+producto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL4LzRsaTdAhWGvVMKHVzwDqkQ6AEJ20producto&v=onepage&q=Ingenier%C3%ADa%20de%20dise%C3%B1o%20de%20un%20producto&f=false).

TESIS DOCTORALES EN RED. *Ingeniería del diseño* [en línea]. 2017. [Consulta: 01 marzo 2019]. Disponible en: [http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05d\\_e16.pdf?sequence=5](http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05d_e16.pdf?sequence=5).

TORRES, C. *Diseño en ingeniería*. [en línea]. 2013. [Consulta: 03 marzo 2019]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/201619-maquinaria-y-mecanic-a-i-n-ge-t-cola-569e522d5650e.html>.

SCRIBD. *Fabricación de Pinturas objetivas* [en línea]. 2017. [Consulta: 09 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/361927897/Fabricacion-de-Pinturas-Objetivas>.

TIPOS. *Tipos de solventes* [en línea]. [Consulta: 07 de marzo 2019]. Disponible en: <https://www.tipos.co/tipos-de-solventes>.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA. *Operaciones básicas en el laboratorio de química*. [en línea]. Barcelona. [Consulta: 16 de marzo 2019]. Disponible en: [http://www.ub.edu/obliq/obliq%20castellano/des\\_tilacio\\_tipus.html#](http://www.ub.edu/obliq/obliq%20castellano/des_tilacio_tipus.html#).

VEREMA. *Historia de la destilación. Origen de los licores y destilados*. [en línea]. Valencia. [Consulta: 06 de marzo 2019]. Disponible en: <https://www.verema.com/blog/licores-destilados/979233-historia-destilacion-origen-licores-destilados>.

WIKIPEDIA. *Pintura automotriz* [en línea]. 2019. [Consulta: 15 marzo 2019]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pintura\\_automotriz](https://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_automotriz).

BRICOTEX. *Tipos de Disolventes y sus Diferentes Usos*. [blog]. [Consulta: 06 marzo 2019]. Disponible en: [https://www.bricotex.pro/tienda/blog-pinturas-bricolaje/42\\_Tipos-de-Disolventes-y-sus-Diferentes-Usos.html](https://www.bricotex.pro/tienda/blog-pinturas-bricolaje/42_Tipos-de-Disolventes-y-sus-Diferentes-Usos.html).

ALBA DE HUERTA, M. *Estudio para minimizar la formación de espuma en mezclas de aminas utilizadas en el proceso de endulzamiento de gas natural*. (Tesis). Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería. Puebla-México. 2005. pp.17.

ROBALINO, D. *Diseño de un sistema de destilación para la purificación del thinner de los residuos de pintura automotriz en multiservicios San Andrés*. (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2012. pp.6-57.

