



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

## **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**

**Héctor Alfredo Oliva Rodríguez**

Asesorado por el Ing. Sergio Roberto Barrios Sandoval

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE  
PINTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HÉCTOR ALFREDO OLIVA RODRÍGUEZ**

ASESORADO POR EL ING. SERGIO ROBERTO BARRIOS SANDOVAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdoba
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Aku Castillo
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de agosto de 2014.

---

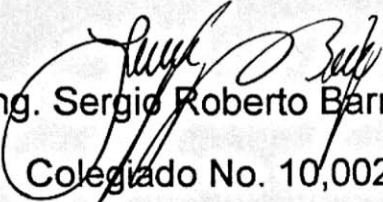
**Héctor Alfredo Oliva Rodríguez**

Guatemala, 13 de Abril de 2016

Ingeniero  
Juan José Peralta Dardón  
Director  
Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he asesorado el trabajo de tesis **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**, realizado por el estudiante **Héctor Alfredo Oliva Rodríguez** quien se identifica con carné No. **2010-20646**, previo a optar el título de Ingeniero Industrial.

Encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para el trámite correspondiente.

  
Ing. Sergio Roberto Barrios  
Colegiado No. 10,002

*Sergio Roberto Barrios S.*  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 10002

Asesor



REF.REV.EMI.128.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Alfredo Oliva Rodríguez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

*Byron Gerardo Chocooj*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,509

Guatemala; agosto de 2016.

/mgp .



**FACULTAD DE INGENIERIA**

REF.DIR.EMI.196.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Alfredo Oliva Rodríguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Juan José Peralta Dardón**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.524-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURA**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Alfredo Oliva Rodríguez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/27/16  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO



Guatemala, octubre de 2016

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haberme dado una segunda oportunidad y poder estar aquí.
<b>Mis padres</b>	Héctor Oliva y Maribel Rodríguez de Oliva. Su amor será siempre mi inspiración.
<b>Mi hermana</b>	María José. Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
<b>Mis abuelitos</b>	Por guiarme desde el cielo y en la tierra.
<b>Mi tío</b>	Nelson Rodríguez. Por ser una importante influencia en mi vida.
<b>Mi tía</b>	Lisett Rodríguez. Por ser como una segunda hermana.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

**Facultad de Ingeniería**

Por ser la Facultad donde me formé profesionalmente.

**Pinturas de Guatemala,  
S.A**

Por permitirme realizar mi trabajo de graduación dentro de sus instalaciones.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Por haberme acompañado durante esta etapa de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. De la empresa .....	1
1.1.1. Misión .....	1
1.1.2. Visión.....	1
1.1.3. Valores .....	2
1.1.4. Organigrama.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Marco teórico.....	6
1.3.1. Productividad .....	6
1.3.2. Definiciones básicas .....	6
1.3.3. Variables que afectan la productividad .....	7
1.3.4. Medición y aumento de productividad .....	9
1.3.5. Tecnología de los recubrimientos .....	10
1.3.6. Pigmentos.....	12
1.3.7. Solventes .....	14
1.3.8. Materiales peligrosos.....	19
1.3.9. Manufactura básica de pinturas.....	20
1.3.10. Energía eléctrica en Guatemala .....	21

1.4.	Justificación.....	22
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	25
2.1.	Situación del proceso actual de fabricación de pintura a base de látex.....	25
2.1.1.	Técnicas.....	26
2.1.2.	Descripción del proceso .....	27
2.1.3.	Descripción de los recursos utilizados .....	30
2.1.4.	Eficiencia actual de los materiales .....	31
2.2.	Control de consumo de energía eléctrica.....	32
2.2.1.	Tipo de contrato actual.....	32
2.2.2.	Consumo actual de energía eléctrica .....	34
2.3.	Proceso de reutilización de solventes .....	35
2.3.1.	Tipo de solventes candidatos a ser reutilizados .....	37
2.3.2.	Proceso de destilación .....	37
2.3.3.	Residuos y subproductos .....	41
2.3.4.	Eficiencia del proceso .....	41
3.	PROPUESTA DE MEJORA .....	43
3.1.	Replanteamiento del proceso de destilado de solventes .....	43
3.1.1.	Identificación de componentes de los residuos .....	44
3.1.2.	Mitigación de residuos.....	46
3.2.	Reutilización de subproductos .....	47
3.2.1.	Efectividad de nuevo proceso .....	49
3.3.	Utilización eficiente de la energía eléctrica .....	49
3.3.1.	Optimización de tiempos .....	50
3.3.2.	Análisis beneficio-costos.....	51
3.3.3.	Requerimientos .....	52
3.3.4.	Resultados esperados.....	53
3.4.	Índices e indicadores por estudiar.....	54

3.4.1.	Productividad total .....	55
3.4.2.	Eficiencia eléctrica .....	55
3.4.3.	Eficiencia de destilado .....	56
3.4.4.	Cantidad de desechos .....	57
3.4.5.	Utilización de subproductos de destilado.....	58
3.4.6.	Deposición de desechos.....	58
	3.4.6.1.    Sólidos .....	59
	3.4.6.2.    Líquidos .....	59
3.5.	Resultados esperados .....	60
3.5.1.	Pronósticos finales.....	60
3.5.2.	Resultados económicos esperados .....	61
4.	IMPLEMENTACIÓN .....	63
4.1.	Actividades por realizar .....	63
4.2.	Optimización de tiempos .....	63
4.3.	Energía eléctrica utilizada eficientemente .....	65
4.4.	Medición de nuevos indicadores e índices .....	65
	4.4.1.    Productividad .....	66
	4.4.2.    Eficiencia eléctrica en el proceso.....	70
4.5.	Proceso de destilado de solventes replanteado .....	74
	4.5.1.    Componentes de los residuos .....	74
	4.5.2.    Residuos mitigados .....	75
	4.5.3.    Deposición de desechos.....	77
	4.5.3.1.    Sólidos.....	78
	4.5.3.2.    Líquidos .....	79
4.6.	Análisis de productividad de proceso mejorado .....	79
4.7.	Resultados obtenidos .....	81
4.8.	Comparación de datos.....	83
4.9.	Cantidad de ahorro total obtenido .....	84

4.10.	Análisis beneficio-costo.....	85
4.11.	Verificación de la efectividad del nuevo proceso.....	85
5.	MEJORA CONTINUA .....	87
5.1.	Plan de mejora continua en base al Círculo de Deming.....	87
5.1.1.	Planear .....	88
5.1.2.	Diagnóstico.....	88
5.1.2.1.	Definir responsables.....	89
5.1.3.	Hacer.....	89
5.1.3.1.	Actividades por realizar .....	90
5.1.4.	Verificar .....	90
5.1.4.1.	Auditorías .....	91
5.1.4.2.	Análisis de resultados .....	92
5.1.4.3.	Acciones correctivas .....	92
5.1.4.4.	Seguimiento .....	93
5.1.5.	Actuar .....	93
5.1.5.1.	Acciones de mejora.....	94
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES .....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	3
2.	Pigmentos inorgánicos.....	12
3.	Pigmentos orgánicos.....	13
4.	Solventes orgánicos.....	16
5.	Proceso de recuperación de solvente .....	17
6.	Proceso de destilación .....	18
7.	Producción de pintura .....	21
8.	Proceso de fabricación.....	29
9.	Gráfica de kWh consumidos .....	34
10.	Gráfica de costos por consumo.....	35
11.	Proceso de reutilización de solvente .....	36
12.	Proceso de destilación .....	40

### TABLAS

I.	Resumen de costos dependientes del tiempo.....	31
II.	Tipos de tarifas.....	33
III.	Datos del consumo eléctrico de los últimos 18 meses .....	34
IV.	Solventes candidatos a ser reutilizados .....	37
V.	Pronóstico de consumo eléctrico .....	61
VI.	Pronóstico de costo mensual de energía eléctrica.....	62
VII.	Resultados de productividad mes #1 .....	67
VIII.	Resultados de productividad mes #2 .....	68

IX.	Resultados de productividad mes #3 .....	69
X.	Resultados de eficiencia eléctrica mes #1 .....	71
XI.	Resultados de eficiencia eléctrica mes #2 .....	72
XII.	Resultados de eficiencia eléctrica mes #3 .....	73
XIII.	Resultados obtenidos de consumo eléctrico.....	82
XIV.	Resultados de costo mensual de energía eléctrica.....	83
XV.	Comparación de consumos eléctricos .....	83
XVI.	Comparación de costos mensuales .....	83



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Ev</b>	Energía molar de vaporización
<b>V1</b>	Volumen molar
<b>KJ</b>	Kilojulios
<b>KWh</b>	Kilowatts hora
<b>KVarh</b>	Kilovar hora
<b>Gal</b>	Galones
<b>C1</b>	Costo unitario
<b>C2</b>	Costo por tanda de producción
<b>C3</b>	Costo de almacenamiento
<b>CT</b>	Costo total
<b>Qop</b>	Cantidad óptima
<b>D</b>	Demanda total para un intervalo de tiempo
<b>Im</b>	Inventario máximo
<b>B/C</b>	Relación beneficio-costos
<b>Bi</b>	Beneficio bruto
<b>Ci</b>	Egreso bruto
<b>i</b>	Tasa de interés aplicada
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Min</b>	Minuto
<b>Q</b>	Quetzal



## GLOSARIO

<b>Barniz</b>	Mezcla de resinas y solventes que se aplica a una superficie para que al secarse forme una capa protectora.
<b>Dispersión</b>	Acción de movilizar partículas en una dirección separándose entre sí.
<b>Laca</b>	Resina de origen vegetal que se utiliza en la fabricación de barniz.
<b>Látex</b>	Resina de origen vegetal que se utiliza en la fabricación de pintura como polímero diluido en agua.
<b>Pigmento</b>	Sustancia química, insoluble en agua y en aceite, utilizada en la fabricación de pintura.
<b>Pintura</b>	Sustancia de textura líquida o espesa que es utilizada para darle color a una cosa.
<b>Polímero</b>	Sustancia química formada por conjuntos de macromoléculas.
<b>Poliuretano</b>	Polímero que se emplea en la fabricación de pintura, barnices, adhesivos y aislantes térmicos.

<b>Solvente</b>	Sustancia en la que se diluye un soluto de características químicas diferentes.
<b>Tíner</b>	Rebajador de pintura diseñado para diluir sustancias insolubles en agua.

## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se estudiarán las variables que afectan la utilización de los recursos en los distintos procesos principales y secundarios para la fabricación de pintura como el consumo eléctrico, tiempo de trabajo, materiales, productos, subproductos, desechos, entre otros. Esto ayudará a identificar las oportunidades de mejora que permitirán corregir las posibles fallas del proceso que no permiten tener una productividad de excelente nivel.

Se evaluará la implementación de cambios sistémicos a lo largo de la cadena productiva buscando respetar las formulaciones de los productos para no afectar la calidad con la que es reconocida la empresa, pero al mismo tiempo poder disminuir la utilización de energía eléctrica, lograr ahorros en los costos asociados al consumo de energía para la producción, mejorar la eficiencia de los procesos productivos y manejar de forma responsable los desechos de producción que pudieran llegar a afectar el medio ambiente.

Esta será la primera vez que se realizará un proyecto de esta naturaleza y tamaño en la empresa, porque aunque se habían tenido esfuerzos de menor tamaño, por la forma en que la organización está formada no se tiene un departamento especializado en la búsqueda de mejorar los procesos productivos.

Así mismo, se buscará generar los inicios para implementación en un futuro próximo de un sistema de gestión sostenible a largo plazo dentro de la organización.



# OBJETIVOS

## General

Desarrollar un análisis de utilización de recursos en una planta de producción de pintura a base de poliuretano que permita mejorar el desempeño de la cadena productiva.

## Específicos

1. Mejorar el desempeño económico del sistema de producción de pintura de látex y de recuperación de solventes en al menos 1 punto en la relación beneficio costo.
2. Determinar el tiempo óptimo de producción de un lote de pintura de látex de 200 galones, obteniendo un aumento en la eficiencia de al menos 5%.
3. Disminuir en 1% la utilización energética mensual en el proceso de producción de pintura de látex.
4. Lograr ahorros mensuales de 10% en los costos de energía eléctrica durante 3 meses en comparación con el año tomado de muestra.
5. Programar un plan de deposición de desperdicios y residuos de destilación donde el 100% sea eliminado de una manera adecuada.





## INTRODUCCIÓN

Producir solo por producir, no sirve. De la base en que las cosas deben hacerse bien, las empresas transformadoras de materia prima deben tener como eje central de su producción la optimización de procesos y eficiencia de recursos. No solo por ser algo que se ve bonito en papel, sino por ser la mejor forma de producir obteniendo el máximo de beneficios y mínimo de problemas.

La utilización de materia prima es solo uno de los indicadores que la producción brinda sobre el estado de la productividad de esta. Es el principal indicador que se estudiará en este informe.

El trabajo de graduación tendrá un período de un año para su realización a partir de la fecha de aprobación de protocolo.

Se busca realizar un análisis de utilización de materiales en la producción de pintura para automóvil en una fábrica guatemalteca. Se realizarán los estudios de procesos, productividad, gráficos de control y análisis estadísticos para establecer la actualidad del proceso y poder plantear una propuesta de mejora.

Se espera poder comparar los resultados del proceso actual contra el propuesto y lograr concluir en base a los mismos métodos utilizados anteriormente.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1. De la empresa

La empresa en la que se realizó de este trabajo de graduación, es una empresa guatemalteca de pinturas fundada en 1976, proyectada a través de la calidad y la competitividad de sus productos elaborados en base a estándares internacionales de calidad y precios competitivos.

### 1.1.1. Misión

“Producir pinturas para los mercados automotriz, industrial y arquitectónico que provean soluciones y productos competitivos a través de materias primas de alta calidad.”<sup>1</sup>

### 1.1.2. Visión

“Ser una empresa fabricante de pinturas que promueva la innovación constante en la oferta al mercado de recubrimientos automotrices, industriales y arquitectónicos.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Pinturas de Guatemala, S.A. Gerencia Administrativa

<sup>2</sup>Ibíd

### **1.1.3. Valores**

**SOMOS INTEGROS:** vivimos de acuerdo a las normas éticas y morales. Tenemos objetivos bien definidos. Mantenemos nuestros pensamientos para cumplir nuestra misión.

**SOMOS HONESTOS:** ofrecemos al mercado de pinturas productos que funcionan de acuerdo a especificaciones establecidas. No hacemos promesas que no podamos cumplir.

**SOMOS LEALES:** manifestamos una adhesión continua hacia nuestros principales compromisos y hacia nuestros distribuidores.

**SUSTENTABILIDAD:** implementamos constantemente materias primas y procesos que nos lleven a producir de forma sustentable y amigable con el medio ambiente.

**TENEMOS UNA GESTIÓN SOSTENIBLE:** garantizamos resultados sostenibles a través del cumplimiento de los procesos. Aprendemos y buscamos nuevas oportunidades en función de mejorar continuamente. Medimos nuestros resultados y nos comparamos con las mejores prácticas de la industria.<sup>3</sup>

---

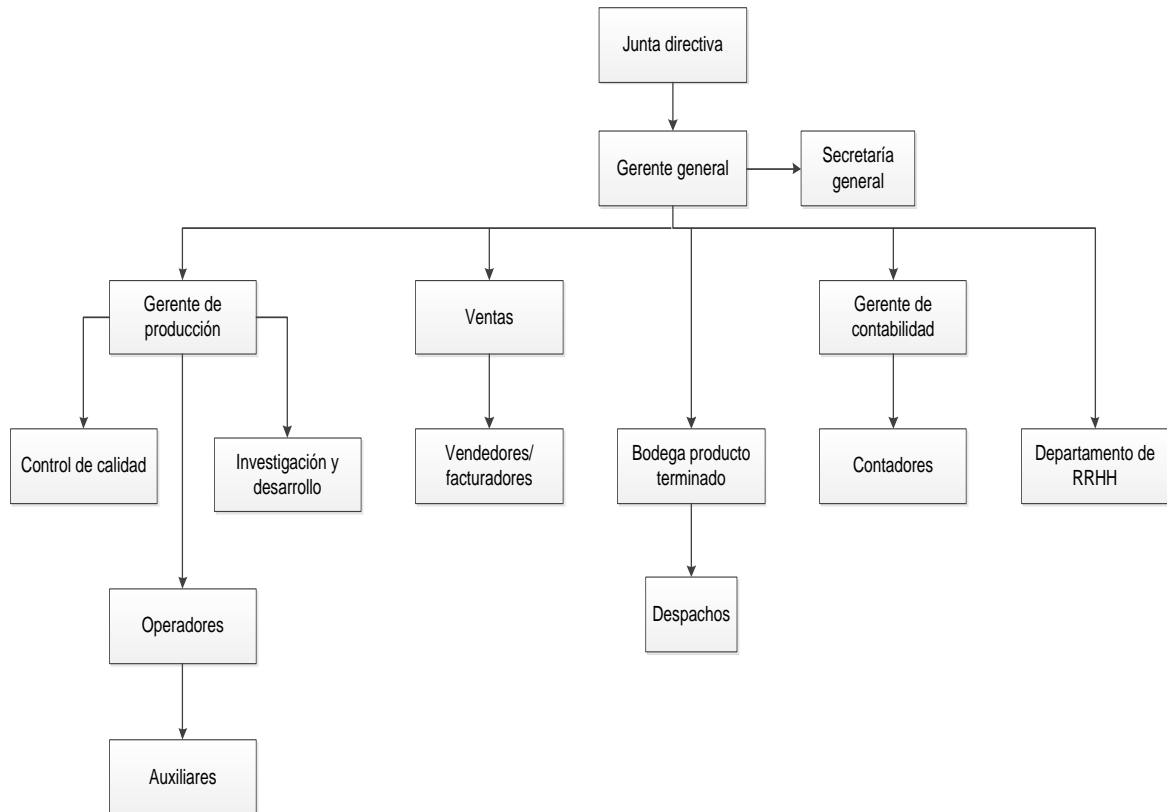
<sup>3</sup> Pinturas de Guatemala, S.A. Gerencia Administrativa.

### 1.1.4. Organigrama

La empresa está organizada de forma jerárquica basada en que cada persona desarrolla una sola función y es especialista en ella. Es comandada por la Junta Directiva, formada por todos los socios; luego, la precede el Gerente General quien cumple la función de administrar la empresa y dirigir al resto de gerentes y jefes subordinados a él.

Se tienen cinco áreas principales: producción, mercadeo, bodega, contabilidad e investigación y desarrollo. Cada área tiene un gerente o un jefe que la comanda, dependiendo del tamaño de cada una. Cada gerente y jefe es responsable de las funciones de su área, así como del personal de esta.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

## 1.2. Antecedentes

Los esmaltes a base de poliuretano son más duros y resistentes que sus similares acrílicos. Los sistemas bicapas y tricapas, sistemas que permiten una mayor profundidad, brillo constancia y belleza en las aplicaciones de los recubrimientos, así mismo tienen la ventaja de secarse y endurecerse rápidamente con la ayuda de calor.

En la década de 1970 surgieron los iniciales esmaltes poliuretano con características similares a los acrílicos pero mucho más duros y resistentes.

A finales de la década de 1980 el mundo se impresiona con los novedosos sistemas bicapas y tricapas, cuyas bases de color fabricadas con resinas poliéster, CAB y resina de polietileno conjugan excelentemente con los transparentes poliuretano de altos sólidos dando aún mayor profundidad, brillo, constancia y belleza a los recubrimientos los cuales hoy día son usados en todo el universo.

La característica de brillo sin pulir de las pinturas de dos componentes llamadas 2K (poliuretanos, barnices, etc.) hacen indispensable realizar la operación de pintado en un recinto presurizado libre de polvos, que brinde la posibilidad de aprovechar las ventajas de estos productos de secarse y endurecerse rápidamente con la ayuda de calor.<sup>4</sup>

La generación de residuos altamente contaminantes y dañinos para el ser humano.

El proceso de repintado automotriz utiliza actualmente pinturas acrílicas, poliuretanos entre otras que son diluidas con solventes altamente volátiles provenientes del petróleo, así también en el proceso son utilizados materiales como masillas, lijas, catalizadores, diluyentes que generan residuos altamente contaminantes y dañinos para el ser humano y el medio ambiente.

Para el acabado final del trabajo de repintado es utilizada pintura poliuretano, uretano, acrílicos, sintéticos, y cada una difiere en marcas, categorías, calidad y precio, pero todas estas pinturas en la actualidad son disueltas por solventes o diluyentes en el momento de su aplicación en el vehículo y su contenido es altamente volátil y dañino al medio ambiente afectando la salud de los trabajadores que la manipulan, así es utilizada una diversidad de materiales como transparentes o esmaltes, catalizadores, fondos de

---

<sup>4</sup> TAPIA, Noe. *Manual de pintura automotriz*. [www.scrib.com](http://www.scrib.com) Consulta: marzo, 2014.

relleno, lijas, masillas plásticas, que generan residuos que no son correctamente reciclados ni reutilizados.<sup>5</sup>

La metodología de reducción y minimización de desperdicios y como esto puede permitir que una empresa mejore su competitividad en el mercado nacional e internacional, ayudando así mismo a la competitividad del país.

Actualmente la globalización de mercados, y la creciente competitividad en las empresas, no sólo industriales de producción, sino los negocios en general, permiten comprender a los accionistas, directivos, la importancia de implantar sistemas, procedimientos y métodos que generan información relevante. Dicha información debe relacionarse principalmente con la determinación de los costos unitarios, así como de los costos que están asociados con las actividades que se requieren para realizar la producción y distribución de productos.

La competitividad de nuestro país, no sólo depende de una variable, sino que son múltiples los factores que determinan si un país es o no competitivo. Cualquiera que sea la denominación que se le dé, hay una variable común en todos los índices de competitividad. México no está avanzando al mismo ritmo que las demás economías, además, muestra que está en riesgo la viabilidad económica a largo plazo del país. Las causas por las que México ha registrado constantes caídas en sus niveles de competitividad, se resumen en los siguientes factores:

- Escasa generación de la tecnología de punta
- Falta de fortalecimiento de sus instituciones públicas
- Incremento de los costos de producción
- Baja inversión en áreas prioritarias como la infraestructura.
- Excesiva burocracia.
- Ausencia de una reforma hacendaría.
- Ausencia de una política industrial.
- Baja participación del gasto público a educación y ciencia
- Frágil seguridad pública

La causa del factor de incremento de los costos de producción, se deben principalmente al uso inadecuado de los recursos en las empresas mexicanas.

Aprovechar los recursos con los que cuentan las empresas, siempre se ha convertido en las necesidades de las empresas mexicanas.”<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> ESTRADA CARPIO, Lázaro Adanilo. *Diseño de la investigación del estudio de prefactibilidad de la aplicación de pinturas a base de agua en el taller Autofinish de Guatemala*. p. 3

<sup>6</sup> ALVARADO AGUILAR, Ernesto. *Propuesta metodológica para reducción de agua en la compañía Us Technologies*. p. 15

### **1.3. Marco teórico**

Se presenta una serie de conceptos teóricos base para la comprensión del trabajo de graduación.

#### **1.3.1. Productividad**

*“El cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de producción. De esta forma es posible hablar de la productividad del capital, de la inversión o de la materia prima según si lo que se produjo se toma en cuenta respecto al capital, a la inversión o a la materia prima, etc.”<sup>7</sup>*

*“El grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.”<sup>8</sup>*

La productividad se refiere al uso eficiente de los recursos al producir aquellos bienes o servicios, esta dependerá de la calidad de los insumos.

La productividad implica eficiencia y eficacia del desempeño general, entendiéndose eficacia como el logro de objetivos y eficiencia como la obtención de esos objetivos utilizando la mínima cantidad de recursos.

#### **1.3.2. Definiciones básicas**

- i. Productividad parcial: es la calculada al dividir la cantidad producida neta entre el tipo de insumo utilizado. Por ser un

---

<sup>7</sup> Organización para la cooperación Económica Europea.

<sup>8</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de trabajo, ingeniería de métodos y medición.*



indicador parcial no se tiene una explicación general del comportamiento de todo el sistema productivo.

- ii. Productividad total: es la razón de la producción neta y la sumatoria de todos los insumos. Esta razón permite evaluar de manera global a la empresa. La única dificultad que presenta es que no llega a tomar en cuenta los insumos intangibles de la empresa.
- iii. Eficacia: la eficacia implica la obtención de resultados deseados siendo un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares planteados.
- iv. Eficiencia: la eficiencia se logra cuando se obtienen resultados deseados con el mínimo de insumos. Forma en que se utilizan los recursos de la empresa, sean estos humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.

$$Productividad = \frac{Eficacia}{Eficiencia}$$

### **1.3.3. Variables que afectan la productividad**

Los incrementos de la productividad no ocurren por sí solos, sino que las decisiones que se tomen en torno a la empresa dedicada y comprometidamente los provocan y logran mediante la fijación de metas, la mitigación de problemas que se oponen al cumplimiento de estas, el desarrollo de planes de acción para eliminarlos y la dirección eficaz de los recursos de la empresa para mejorar la

productividad. Los factores que actúan en contra de la productividad en ocasiones son generados por la propia empresa o por su personal, otros surgen del exterior, por lo que están fuera del control de los directivos de la empresa.

Algunos de los factores más comunes son:

1. La incapacidad de los dirigentes para fijar un ambiente propicio para el mejoramiento de la productividad de la empresa, sobre todo, porque ellos son los responsables de desarrollar y mantener un ambiente laboral favorable para el cumplimiento de las metas organizacionales planteadas.
2. Los reglamentos gubernamentales negligentes tienen efectos negativos en la productividad reduciendo los recursos con los que cuentan las empresas y disminuyendo sus capacidades operativas y productivas.
3. El efecto negativo sobre el aumento de la productividad que tiene el tamaño y la obsolescencia de las organizaciones. Mientras más grande es una organización, mayores son los obstáculos a los que se enfrentarán las empresas en el cumplimiento de metas.
4. Muchas organizaciones son incapaces de medir y evaluar su productividad porque desconocen los procedimientos de evaluación y medición.
5. Los recursos físicos como la distribución del área de producción, el diseño del producto, la maquinaria y equipo, calidad en materiales y

el abastecimiento de esto afectan directamente la productividad de las organizaciones.

#### **1.3.4. Medición y aumento de productividad**

La productividad puede medirse mediante la aplicación de índices. Los índices son cantidades que muestran, mediante su valoración, los cambios a través del tiempo o el espacio de una magnitud que no es en sí capaz de ser medida en forma directa o ser observable en la práctica.

Los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo. Partiendo de este supuesto, se pueden definir tres formas de aumentar la productividad:

1. Aumentar la producción con los mismos insumos.
2. Reducir los insumos y mantener la misma producción.
3. Aumentar la producción y reducir los insumos de manera simultánea y proporcionalmente.

La productividad aumentará a medida en que se logre aumentar la producción física y reducir los insumos físicos.

La productividad es una medida de eficiencia de recursos para lograr los resultados específicos deseados y no una medida de la producción ni de la cantidad, por lo tanto, puede medirse según los siguientes puntos de vista:

1. 
$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$2. \quad \textit{Productividad} = \frac{\textit{Resultadoslogrados}}{\textit{Recursosempleados}}$$

### **1.3.5. Tecnología de los recubrimientos**

Por recubrimiento se conoce a todo material que es aplicado de manera superficial sobre un objeto con el fin de mejorar sus propiedades o cualidades como aspecto, adhesión, resistencia al clima, resistencia corrosiva, resistencia al desgaste y ralladuras o golpes. Los recubrimientos pueden ser calificados para verificar sus características utilizando tarjetas de color, opacidad y contraste.

Por lo general, el recubrimiento esencial para la presentación y protección de los objetos, representa solo una fracción del porcentaje del valor del objeto. Aún así, los recubrimientos son esenciales para mantener de manera adecuada la calidad de los productos y el bienestar y satisfacción de los consumidores.

Las aplicaciones para los recubrimientos van desde los más conocidos y obvios como las pinturas para casas y carros, línea blanca, perfiles de aluminio, hasta los no tan obvios como los anticorrosivos que utilizan adhesivos de alto rendimiento junto con remaches en barcos y aviones, recubrimientos de camuflaje y absorción de ondas de radar.

Finalmente, están los recubrimientos que son tan comunes pero que pasan desapercibidos como la protección transparente en tarjetas de crédito, recubrimiento impermeable en ropa y zapatos, entre otros.

Tipos de recubrimientos:

**Pintura:** la pintura es una capa de recubrimiento pigmentado sobre un sustrato que se aplica con diferentes técnicas y herramientas como brocha, rodillo y atomizador. La pintura está formada por unión de resinas, solvente, pigmento y aditivos. Las aplicaciones de pintura sirven principalmente para protección y o decoración.

Las reacciones químicas de la película de recubrimiento que ocurren durante el secado de la pintura resaltan significativamente la resistencia química y física del recubrimiento. A este proceso se le denomina curado. El vehículo y sus propiedades son los que dictarán el proceso en que será curada la pintura. En su mayoría, los recubrimientos industriales son curados a través del proceso de polimerización, horneado o mediante la aplicación de radiación.

**Barniz:** los barnices son recubrimientos sin pigmentación convertidos, por evaporación o por reacción química, en una película sólida y transparente luego de su aplicación. El propósito de los barnices es el de proteger las superficies en las que se apliquen sin ocultar la apariencia de estas proporcionando brillantez uniforme y suave.

En exteriores los barnices suelen desvanecerse y volverse amarillentos, convirtiendo esto en uno de los mayores problemas al ser expuestos al clima y el sol.

**Tintes:** Un tinte es un recubrimiento para maderas diseñado utilizando una cantidad limitada de pigmento semitransparente con el fin de proteger y al mismo tiempo mostrar la veta de la madera. Los tintes tienen tiempos de secado más cortos y una calidad de limpieza mejor.

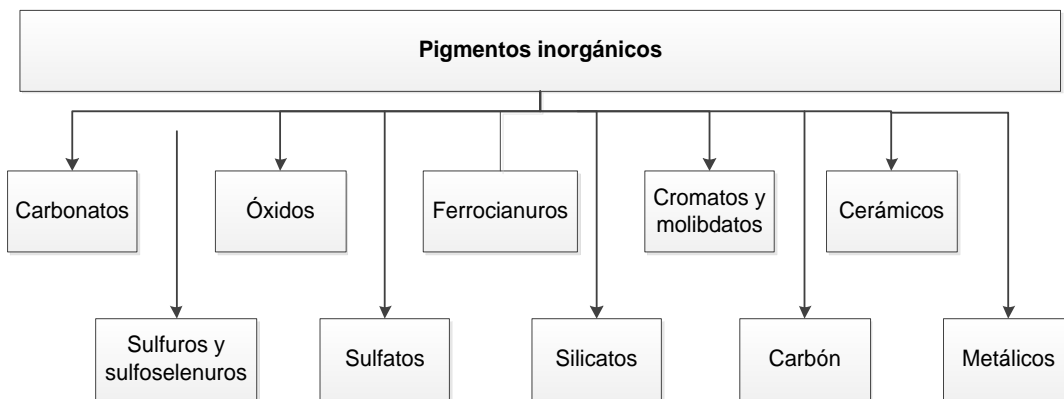
### 1.3.6. Pigmentos

Los pigmentos son los elementos que aportan las propiedades de color y opacidad a los recubrimientos. Así mismo, resaltan la resistencia a la corrosión, su dureza, apariencia superficial y sirve como refuerzo estructural de la película. Se requiere que los pigmentos sean capaces de ser dispersados en el recubrimiento pero no soluble en el solvente en el vehículo o solventes utilizados.

Los pigmentos se clasifican en orgánicos e inorgánicos, siendo estos últimos mucho más económicos y, por eso mismo, más utilizados que los pigmentos orgánicos.

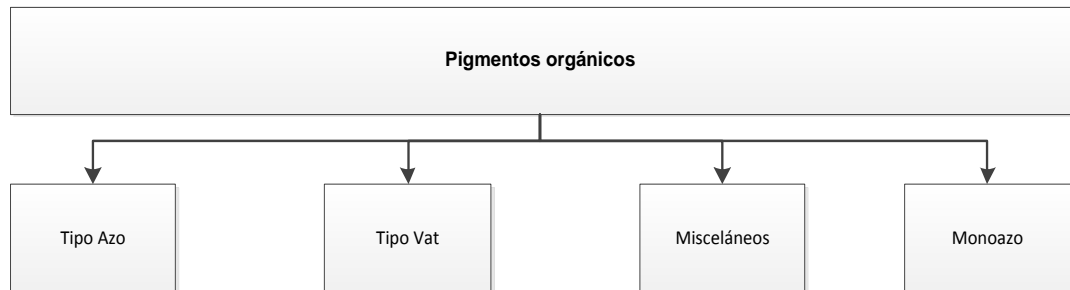
Así mismo los solventes inorgánicos se clasifican en carbonatos, a base de carbono; sulfuros, a base de azufre, óxidos, a base de químicos oxidantes; sulfatos, de base de sales de ácido sulfúrico; ferrocianuros, a base de hierro y cianuro; silicatos, a base de sílice; cromatos, a base de cromo; cerámicos y metálicos.

Figura 2. **Pigmentos inorgánicos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Pigmentos orgánicos**



Fuente: elaboración propia.

Los pigmentos blancos y extendedores son inorgánicos, aunque también se pueden encontrar varios pigmentos inorgánicos de color. Los pigmentos orgánicos son utilizados para extender el intervalo de colores disponibles y, generalmente, tienden a tener mayor fuerza de color y son mucho más brillantes, pero no proporcionan el grado de opacidad que los pigmentos inorgánicos.

Los fosfatos, cromatos, molibdatos y boratos son pigmentos anticorrosivos. Son regularmente combinados directamente con sustrato metálico o indirectamente como un componente del vehículo. Pigmentos de sacrificio, como los de zinc, funcionan siendo más reactivos que el acero al que protegen, aumentando el tiempo de vida útil de las piezas.

Los pigmentos se consideran reforzadores de la película de recubrimiento resaltando la fuerza y la integridad de estos. Los pigmentos de barrera incluso ayudan a reducir la permeabilidad de los recubrimientos a los agentes corrosivos.

La concentración por volumen es la relación directa que tiene la habilidad de los pigmentos a ser efectivos en un recubrimiento. Esta concentración por

volumen se expresa en porcentaje, variando desde 100% para los pigmentos puros y 0% para los solventes puros. El acrónimo CPVC es usado para definir Contenido Crítico Volumétrico de Pigmento permitiendo reconocer las propiedades del recubrimiento, dependiendo de su concentración. Las propiedades de los recubrimientos cambian según la concentración de pigmento que tengan estos, obteniendo una mayor o menor coloración fotoquímica. El valor recomendado para, para reducir el índice de refracción es de 30%.

La polaridad de los pigmentos determina la afinidad hacia alquídicos, poliésteres, polímeros acrílicos y otros contenidos en los solventes, soluciones acuosas y dispersiones de formadores de recubrimiento.

Esta propiedad determina la facilidad con la que el pigmento se degradará, efecto en la dispersión y estabilidad final de la pintura en su estado líquido. Los pigmentos inorgánicos son mucho menos polares e hidrofílicos que los pigmentos orgánicos debido a sus moléculas iónicas.

### **1.3.7. Solventes**

Los solventes son compuestos utilizados en los recubrimientos para adelgazarlos con el fin de aplicarlos y lograr uniformidad final sobre la superficie y flujo. Mezclas de solventes son utilizadas con frecuencia para alcanzar las propiedades necesarias que los solventes individuales no logran alcanzar por sí solos y así satisfacer los requerimientos deseados. El solvente o la mezcla debe ser compatible con la superficie a la que se aplicará y tener propiedades químicas que no afecten de manera negativa al recubrimiento ni dañen al sustrato.



Toxicidad, seguridad, olor, tasa de evaporación, solvencia, viscosidad, punto de inflamabilidad y costo son los aspectos más importantes por tomar en cuenta al momento de elegir un solvente. La solvencia y la tasa de evaporación son las características más importantes y claves. Solvencia se define como el grado en que el solvente y la superficie de aplicación son compatibles y pueden reducir la viscosidad.

La solvencia se calcula matemáticamente como la raíz cuadrada de la densidad de energía cohesiva o el total de la atracción molecular por unidad de volumen. Esto es:

$$\delta = \sqrt{\frac{Ev}{V1}}$$

$\delta$  =Solvencia

Ev= Energía molar de vaporización

V1= Volumen molar

Por otro parte, debido a que el solvente se libera del recubrimiento por evaporación, la tasa en la que esto sucede es de crítica importancia. Si la tasa es muy baja, el recubrimiento puede ser muy adhesivo y espeso y si es muy rápida afectará adversamente la adhesión, el flujo y la uniformidad del acabado final.

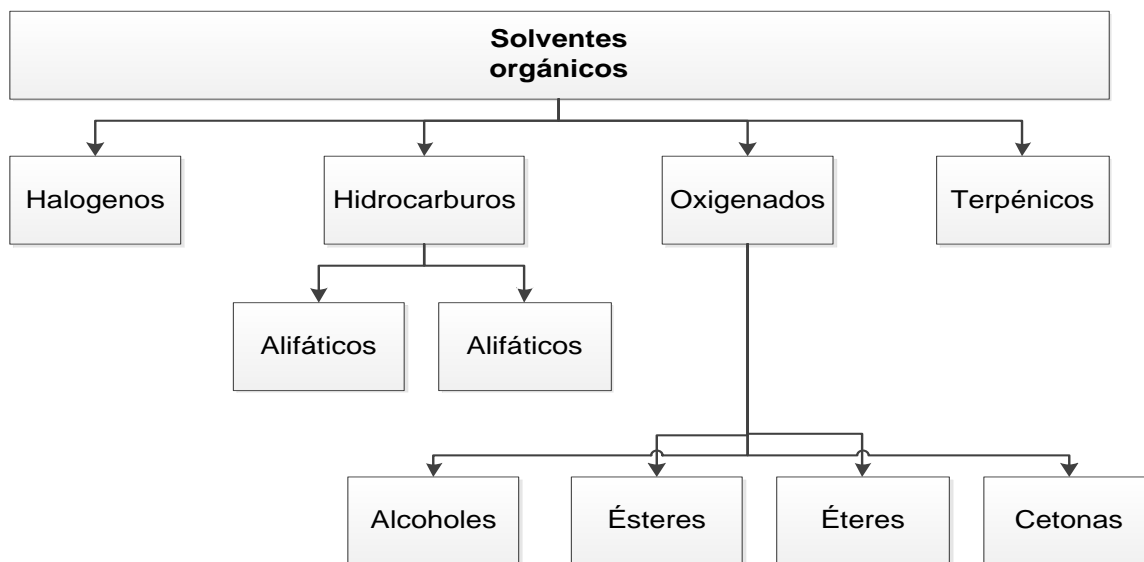
Los solventes más utilizados en la industria son hidrocarburos alifáticos y aromáticos, así como compuestos oxigenados. También existen los clorinados y nitroparafinas, pero son menos utilizados.

El agua es usada en pinturas, pero no como solvente, sino como un diluyente para los recubrimientos de látex ayudando a formar una película continua luego de la evaporación.

Por ser altamente contaminantes para el ambiente, se requiere que cierta parte de los solventes utilizados en la industria sea recuperada. Así mismo, estos solventes pueden ser reutilizados y significan una disminución sustancial en los costos de las empresas de pinturas.

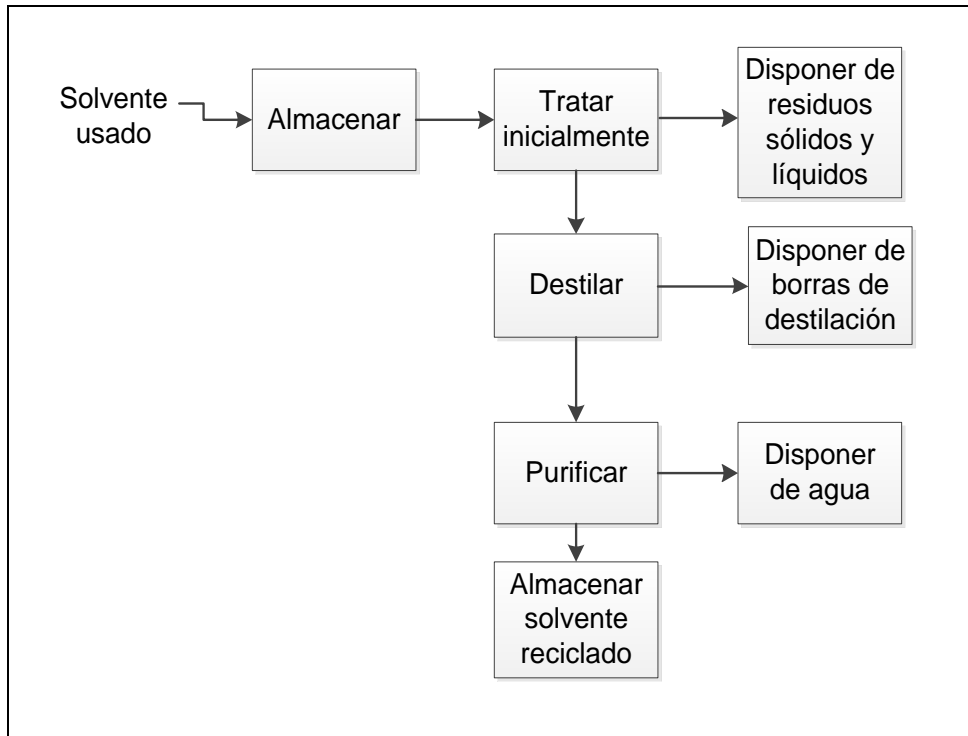
Los solventes usados pueden ser reciclados mediante varios procesos con el fin de reutilizar el producto como solvente o como mezclas de combustibles alternativos. Los productos que son reciclados para ser reutilizados como solventes son refinados en unidades de destilación especialmente construidas. En estas unidades de destilación el solvente se separa en la forma de condensado de los componentes no volátiles, como las resinas y los pigmentos, permaneciendo en el fondo del destilador.

Figura 4. **Solventes orgánicos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Proceso de recuperación de solvente**



Fuente: elaboración propia

El proceso de tratamiento inicial consta de la separación mecánica mediante filtración y decantación para remover sólidos suspendidos y agua.

Luego del tratamiento inicial los solventes pasan a ser destilados para separar las mezclas de solventes y remover todo tipo de impurezas disueltas.

En la destilación, una cantidad de solvente es transportada hacia el evaporador donde los vapores son removidos y condensados de manera continua y los residuos remanentes son removidos del fondo. Ambos procesos de alimentación descarga pueden hacerse por lotes o de manera continua.

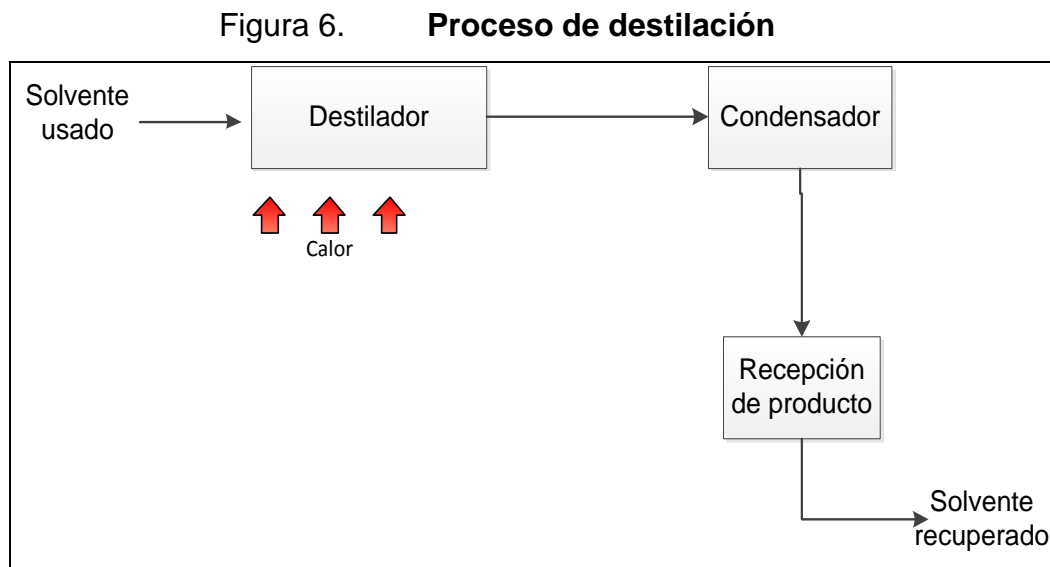
Así mismo, los solventes que pasen por este proceso en forma de mezcla requieren rectificaciones ingresando varias veces al flujo de vapores para luego

ser separados según los distintos puntos de ebullición de cada solvente que forma parte de la mezcla.

Los solventes con un punto de ebullición de 155°C o más son destilados más eficientemente en vacío. Este proceso en vacío reduce la cantidad de calor que se requiere.

Después de la destilación, toda el agua adicional es removida del solvente mediante el proceso de decantación. Adicionalmente, se aplica un proceso de enfriamiento para aumentar la separación entre el agua y el solvente, la mezcla es circulada a través de un lecho de cloruro de calcio y el agua es removida por absorción.

Algunos solventes puede que necesiten ser estabilizados luego de pasar por el proceso de purificación. Para esta estabilización se requiere la adición de tampones para asegurar la estabilidad en el pH.



Fuente: elaboración propia.

### **1.3.8. Materiales peligrosos**

Por su composición algunas pinturas suelen contener materiales dañinos para el ambiente y para la salud de los seres humanos, a esto se le define como materiales peligrosos. Aunque su contenido es regulado por normas internacionales, su peligro inherente es muy difícil de controlar. De ahí la su importancia de conocerlos y mitigar sus efectos.

El de envenenamiento con plomo es muy común, aunque el contenido de pigmentos de plomo en la pintura ha sido reducido a 0.06%, el plomo satisface la ansiedad por falta de calcio en niños desnutridos, quienes al consumirlo llegan a sufrir de severos daños.

Los recubrimientos de látex llegaron a utilizar alguna vez biocidas orgánicos de base mercurial y aunque no existe evidencia contundente que estos biocidas sean un peligro real, la industria de los recubrimientos buscó alternativas con el fin de evitar problemas.

El cloruro de vinilo, usado como copolímero con acetato de vinilo al exceder el límite de cinco partes por millón en el aire es considerado como fuente cancerígena. Se recomienda el uso de mascarilla con filtro especial.

El cloruro de metileno, utilizado en los empaques de varios productos, es considerado cancerígeno y desde 1988 ha sido regulado con etiquetas de advertencia.

El cromo hexavalente es un cancerígeno muy conocido ligado al cáncer pulmonar, aunque actualmente es utilizado en algunos pigmentos no es considerado tóxico.

El tolueno y xileno son solventes hidrocarburos aromáticos que pueden causar irritación ocular, en la piel y pulmonar y la exposición excesiva puede llegar a afectar el sistema nervioso central y en casos extremos pérdida de memoria y habilidad intelectual.

### **1.3.9. Manufactura básica de pinturas**

Las fórmulas de pinturas básicas contienen proporciones específicas de resinas, surfactantes, pigmentos, solventes y varios aditivos. La mezcla exitosa de estos materiales debe hacerse en las etapas manufactureras precisas para realizar una dispersión correcta de los pigmentos y lograr las propiedades deseadas en los recubrimientos.

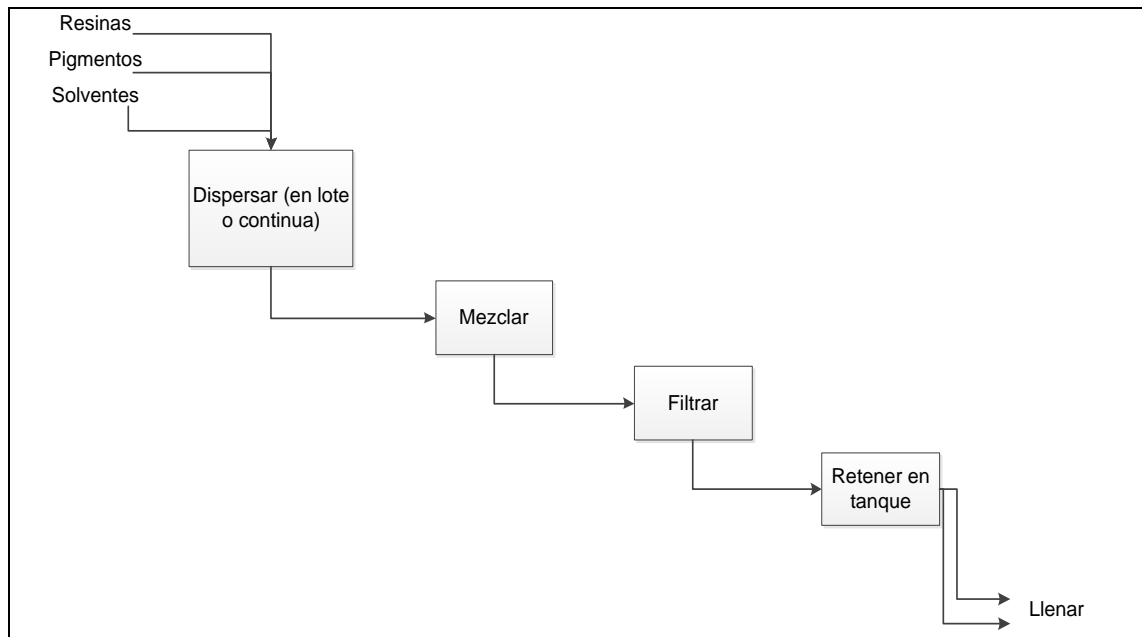
Se denomina dispersión al proceso de humectar y separar las partículas de pigmento para que este no se aglomere o se asiente en el fondo. Navajas mezcladoras realizan esta operación aplicando esfuerzos cortantes a las partículas de pigmento mientras son añadidas al resto de la mezcla. Esta etapa del proceso se conoce como pulverizado o molienda.

El proceso de dispersión involucra la separación mediante fuerzas mecánicas de las partículas de pigmento de sus aglomerados y agregados, el desplazamiento de aire ocluido, de agua absorbida, la humectación y recubrimiento de las superficies del pigmento con la resina de dispersión.

La técnica aplicada para producir pintura es tan importante como la calidad de los materiales utilizados. Una mala aplicación en el orden de adición o el tiempo recomendado para esta puede ocasionar un choque coloidal o floculación. Los esfuerzos cortantes pueden afectar adversamente la fuerza

tintórea y la apariencia final del producto debido a la sensibilidad de los pigmentos a la aplicación de estas fuerzas sobre ellos.

Figura 7. **Producción de pintura**



Fuente: elaboración propia.

Formulaciones especiales requieren de equipos diferentes que cumplan con los requisitos deseados.

### 1.3.10. **Energía eléctrica en Guatemala**

La energía eléctrica en Guatemala se produce en plantas generadoras o cogeneradoras mediante conversión hidráulica, geotérmica, eólica y más recientemente solar.

La actividad generadora de energía eléctrica está administrada y coordinada en Guatemala por el -AMM- (Administrador del Mercado Mayorista), organización sin fines de lucro creada por la Comisión Nacional de Energía

Eléctrica del Ministerio de Energía. Esta organización centraliza el funcionamiento de las empresas generadoras de acuerdo con el costo de generación más bajo y gradualmente se incrementa el costo según la demanda del sistema de distribución.

La energía eléctrica proporcionada a los distribuidores y comercializadores es transportada por todo el país mediante las líneas de transmisión de alto voltaje. Para el uso de estas líneas de transmisión es necesario el pago de una cuota de servicio o peaje de transmisión, como se le conoce.

La corriente es transportada a subestaciones donde es transformada a energía eléctrica de voltajes menores 120/240 voltios. El distribuidor de energía la recibe en las subestaciones y la redistribuye a un voltaje menor para abastecer a los clientes finales en lo que se conoce como ventas de energía al detalle.

Los consumos de energía se facturan mensualmente según las tarifas vigentes autorizadas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Adicionalmente al consumo se le suman los impuestos como IVA y arbitrios municipales de cada municipalidad.

#### **1.4. Justificación**

Toda empresa manufacturera o maquiladora debe mantener control sobre sus materiales y recursos, tanto en materia prima, como en el uso y su procesamiento, y el manejo de productos terminados. Los desperdicios de materia prima y recursos energéticos durante los procesos productivos representan costos de calidad que el cliente no estará dispuesto a absorber, esto representa tanto una baja en la productividad de la empresa, como una



reducción de la rentabilidad. El buen manejo en la utilización de recursos materiales y energéticos implicará una mejora en los procesos productivos, reduciendo costos y, por tanto, aumentando las utilidades.

Por otro lado, el control, reutilización y deposición adecuada de desperdicios químicos y subproductos de las destilaciones de solventes ya utilizados ayudará al cumplimiento de las normativas y leyes del país evitando problemas legales para la empresa y creando conciencia ecológica empresarial.

La importancia de este trabajo de graduación recae en que la empresa en la que se realizó, no cuenta con controles de utilización de sus recursos energéticos, sus materiales, tiempos y movimientos, ni maneja políticas ecológicas de deposición adecuada de desperdicios químicos, esto a pesar de que no ha sido muy exitosa, por muchos años, en el mercado guatemalteco. Por esas necesidades crecientes, nace este trabajo con el fin de mitigarlas.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se describe la situación actual de la empresa, sus técnicas y procedimientos en la elaboración de pintura de látex, breves generalidades sobre su consumo de energía eléctrica y el manejo de esta, así como las operaciones y requerimientos necesarios para el proceso de recuperación de solventes de limpieza.

### **2.1. Situación del proceso actual de fabricación de pintura a base de látex**

Actualmente, la empresa tiene una estación especializada para la fabricación de pintura de látex. Esta estación cuenta con su propia instalación de agua directa hacia la maquinaria, una mezcladora y dispensadora de pintura con motor eléctrico en la cual el operario es el encargado de realizar el proceso de las órdenes de producción de pintura de látex que le sean encargadas y de envasarlas.

La pintura a base de látex tiene la particularidad de ser un recubrimiento que para su manufactura requiere del uso de agua como solvente principal, pero para la limpieza del proceso posproducción es necesaria la utilización de solventes más fuertes y lacas.

La limpieza del equipo, área y proceso es realizada por el operador luego de cada producción, generando así residuos posoperativos que combinan materiales y solventes para ser reciclados con el debido proceso de recuperación.

### **2.1.1. Técnicas**

Las técnicas utilizadas para la fabricación de la pintura a base de látex son las mismas básicas para manufacturación de pintura.

Estas técnicas son de dispersión por lote, en la cual se toma la cantidad de material que se va a producir en el día y se adecua la fórmula; mezclado de alta y baja velocidad, utilizado para obtener una homogeneidad y viscosidad adecuada a las características del producto; y finalmente filtrado, etapa en la cual el producto queda preparado para su empaque y comercialización.

Como cualquier pintura manufacturada en la empresa, el proceso de fabricación de pintura a base de látex se realiza en una mezcladora, agregando los materiales en las proporciones y los tiempos indicados por el departamento de calidad, investigación y desarrollo. Luego pasan a manos de los operadores mediante una orden de producción con formato propio y estos ejecutan los procedimientos.

Al final del proceso, la pintura es envasada en sus contenedores y llevada a la bodega de producto terminado para su distribución a las tiendas y clientes individuales.

De igual manera, cada vez que se manufactura una pintura es necesario realizar la respectiva limpieza de los tanques y maquinaria para evitar posibles contaminantes o alteraciones en el siguiente proceso. Esto se hace utilizando solventes de limpieza que luego son reutilizados mediante un proceso de recuperación.

### **2.1.2. Descripción del proceso**

Para la fabricación de pintura a base de látex la fábrica cuenta con una tubería que transporta el agua directamente desde sus tanques donde es clorificada y luego filtrada para su uso. Esta agua es llevada hasta la máquina Myers, con motor trifásico ABB, tipo MBT ARM 160M de 15hp, dispersora mezcladora para la fabricación de pintura, con una capacidad máxima de 800 galones.

El operario es el encargado de vaciar la cantidad de 100 litros de agua en el tanque donde se realizará la mezcla y luego se enciende la máquina y según las instrucciones de su orden de trabajo, irá agregando las cargas.

Cargas se le denomina a todos los pigmentos, aditivos y resinas (caucho virgen sin vulcanizar) que son agregados para aportar las diferentes características buscadas en el producto final.

Las primeras cargas que se agregan en el proceso son los fungicidas (amoniacos), utilizados para eliminar cualquier hongo que pueda contaminar el proceso y echarlo a perder. Luego se agregan talcos, aditivos que dan cuerpo y color a la pintura.

Así mismo, se agrega viscosantes y suspensores, para darle la textura esperada al producto, esta se mide en Kilojulios (KJ). Se sigue el proceso agregando la cantidad indicada de solventes y aditivos dispersantes que ayuda a disolver las cargas con pigmento lo más rápido y efectivamente posible para obtener la mejor calidad y finura del producto. Finalmente, se añade la resina necesaria para ajustar el volumen.

Terminado el proceso de mezclado, la pintura es envasada, se toma una muestra para el Departamento de Calidad y el resto es llevado a la bodega de producto terminado para su distribución.

Todo este proceso se hace sin tener un tiempo estándar para el mismo. Es decir, la empresa no tiene control sobre los tiempos de fabricación de sus productos y se desconoce el tiempo óptimo de utilización de la maquinaria

## Figura 8. Proceso de fabricación

Proceso: Fabricación de pintura de látex  
 Elaborado por: Héctor Alfredo Oliva Rodríguez  
 Máquina: Myers

Diagrama de operaciones de proceso

Fecha: junio/ 2014  
 Página 1/1  
 Versión 1.0

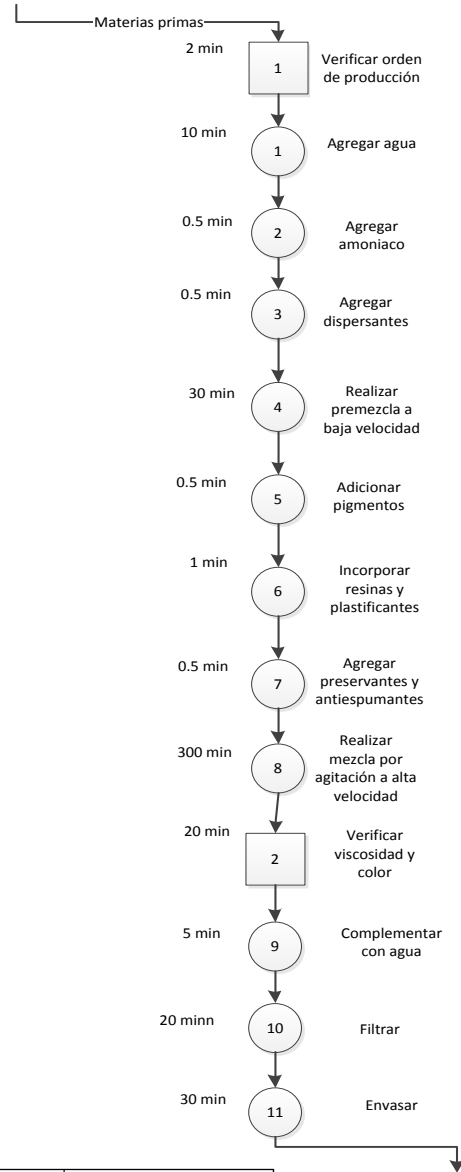


Figura	Actividad	Cantidad	Tiempo
○	Operación	11	398 min
□	Inspección	2	22 min
<b>Total</b>		13	420 min

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.3. Descripción de los recursos utilizados**

Para la realización de un lote de pintura, es decir, 200 galones de pintura de látex terminado se utilizan:

- 80-120 galones de agua como solvente principal
- Pigmentos (5 kg)
- Cargas
  - Extensores de tiempo de secado (3kg)
  - Agentes dispersantes (4kg)
  - Amoniaco (5 kg)
  - Alcoholes (5kg)
  - Preservantes (3,5 kg)
  - Agentes antiespumantes (2kg)
  - Resinas (caucho virgen sin vulcanizar) (10kg)
- Operario (1)
- Máquina mezcladora y dispensadora de pintura (1)
- Supervisor (1)
- Analista de control de calidad (1)
- Solventes de limpieza
  - Tíner laca (5 galones)
  - Aguarrás (5 galones)
- Energía eléctrica (11kWh)
- Tiempo (7 horas)

Se utilizan alrededor de 7 horas/hombre de trabajo, significando un costo de mano de obra directa de Q. 70,83 así como de mano de obra indirecta de Q141.66. Tomando en cuenta únicamente salario mínimo vigente en el año 2014 incluyendo la bonificación de ley.



Durante todo el proceso, a partir de que se termina de agregar el agua, la máquina permanece encendida consumiendo electricidad a un ritmo teórico de 11 kWh, para un total de 77kWh durante el proceso. Este consumo representa un costo para la empresa de Q 206.48 durante todo el proceso.

Tabla I. **Resumen de costos dependientes del tiempo**

<b>Recurso</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Mano de obra directa	Q.10,11 /h	Q. 70,83
Mano de obra indirecta	Q 20,22 /h	Q. 141,54
Costo energía eléctrica	Q. 29,49 /h	Q. 206,48
Total	Q. 59,82/h	Q. 418,74

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Eficiencia actual de los materiales**

Los directivos se han enfocado en mantener un control de eficacia, buscando cumplir con los requerimientos establecidos por la fórmula enviada desde el Departamento de Calidad, Investigación y Desarrollo en cuanto a cantidad de producto terminado y sus características; todo esto basado en decisiones empíricas al momento de realizar los productos.

Regularmente los lotes que se fabrican son de 200 galones de pintura, realizando un lote diariamente, según la demanda. Es decir, que un proceso será exitoso si por 200 galones teóricos en materiales, se obtienen 200 galones de pintura terminada lista para su envasado.

$$\text{Indicador energético} = \frac{77kWh \text{ consumidos}}{200 \text{ galones de pintura}} = 0,385 \frac{kWh}{gl}$$

$$\text{Indicador de tiempo} = \frac{200 \text{ galones de pintura}}{7 \text{ horas trabajadas}} = 28,57 \frac{\text{gl}}{\text{h}}$$

$$\text{Indicador de trabajo} = \frac{7 \frac{\text{h}}{\text{hombre}} * 3 \text{ hombres}}{200 \text{ galones de pintura}} = 0,105 \frac{\text{h}}{\text{gl}}$$

$$\text{Eficacia materiales} = \frac{200 \text{ galones de materiales}}{200 \text{ galones de pintura}} = 1$$

## 2.2. Control de consumo de energía eléctrica

Actualmente, la fábrica no hace ningún tipo de medición de utilización de energía eléctrica. Se procura mantener las máquinas encendidas el menor tiempo posible para evitar gastos durante tiempos ociosos, pero no se tienen ningún control de los tiempos requeridos para la elaboración en cada proceso, con el fin de tener tiempos estándares de utilización.

Se cuenta con un banco de capacitores conectado de forma permanente a la red de la fábrica. Este dispositivo permite disminuir la energía reactiva (KVarh) que consumen los motores de la planta, evitando penalizaciones sustancialmente altas. También, disminuye la corriente total y mejora la regulación de voltaje evitando caídas de voltaje provocadas por los motores.

### 2.2.1. Tipo de contrato actual

La energía es comprada a la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Se cuenta con una tarifa contratada tipo BTDFp baja tensión con demanda máxima fuera de punta. Esta tarifa, establecida por la CNEE, es de tipo B, para usuarios

de servicio de baja o media tensión y una demanda de potencia de 11 kilovatios (Kw). La potencia máxima contratada es de 82.4 kW.

Este tipo de contrato permite de manera legal a la empresa el poder elegir libremente su propia tarifa dentro de las opciones tarifarias aprobadas por la comisión dentro del pliego tarifario vigente.

De igual manera, la distribuidora de energía está obligada a aplicar la tarifa que represente el mayor beneficio para el usuario, según su consumo.

**Tabla II. Tipos de tarifas**

Categoría	Descripción	Demanda de potencia	Tipo de tarifa aplicada
A	Usuarios con servicio en baja tensión	Menor o igual que 11 kilovatios (kW)	Baja tensión simple (BTS); Baja tensión simple social (BTSS)
B	Usuarios con servicio en baja o media tensión	Mayor de 11 kilovatios (kW)	Baja tensión con demanda de punta (BTDP); Baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP); Baja tensión horaria (BTH); Media tensión con demanda en punta (MTDP); Media tensión con demanda fuera de punta (MTDFP); Media tensión horaria (MTH)
C	Usuarios con servicio en baja o media tensión que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación vigente para obtener la calidad de gran usuario.		Las condiciones de suministro son pactadas con el distribuidor o comercializador. No tiene tarifa máxima. Solamente se le define un pago máximo por el uso de la red o peaje en función de transportista.

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica(CNEE).

## 2.2.2. Consumo actual de energía eléctrica

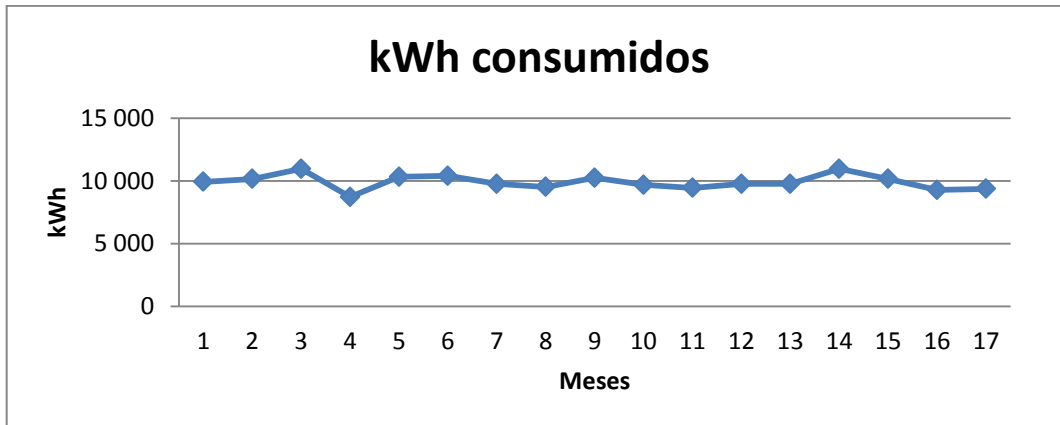
Actualmente, la fábrica tiene un consumo mensual promedio de 9,906 kilovatios (kWh), con un factor de potencia de 0,9978 y un banco de capacitores instalado que le brinda estabilidad. Una lectura de kVarh promedio de 34 678. Esto significa un costo mensual promedio de Q. 24 567,17.

Tabla III. Datos del consumo eléctrico de los últimos 18 meses

Fecha	Lectura kWh	Lectura kVarh	kWh Consumidos	Potencia Max	Potencia Contratada	Factor de Potencia	Total Pagar
28/01/14	396,000	29,520	9,920	64.0	82.4	0.9979	Q27,426.19
25/02/14	406,160	30,160	10,160	64.8	82.4	0.9980	Q27,923.40
31/03/14	417,120	30,880	10,960	64.8	82.4	0.9978	Q29,390.15
25/04/14	425,840	31,440	8,720	70.4	82.4	0.9979	Q25,545.08
27/05/14	436,160	32,000	10,320	61.6	82.4	0.9985	Q28,071.19
27/06/14	446,560	32,720	10,400	60.8	82.4	0.9976	Q28,179.90
29/07/14	456,320	33,280	9,760	60.8	82.4	0.9984	Q27,008.01
28/08/14	465,840	33,840	9,520	52.0	82.4	0.9983	Q22,059.43
27/09/14	476,080	34,560	10,240	56.8	82.4	0.9975	Q23,505.31
28/10/14	485,760	35,120	9,680	58.4	82.4	0.9983	Q22,540.55
27/11/14	495,200	35,760	9,440	66.4	82.4	0.9977	Q21,711.89
27/12/14	504,960	36,400	9,760	70.4	82.4	0.9979	Q22,388.94
28/01/15	514,720	37,360	9,760	64.0	82.4	0.9952	Q22,197.16
25/02/15	525,680	38,160	10,960	76.8	82.4	0.9973	Q24,669.00
27/03/15	535,840	38,800	10,160	72.0	82.4	0.9980	Q23,133.74
28/04/15	545,120	39,520	9,280	66.4	82.4	0.9970	Q21,435.35
28/05/15	554,480	40,000	9,360	63.2	82.4	0.9987	Q20,456.14
28/06/15	589,158	34,678	9,906	64	82.4	0.9978	Q24,567.14

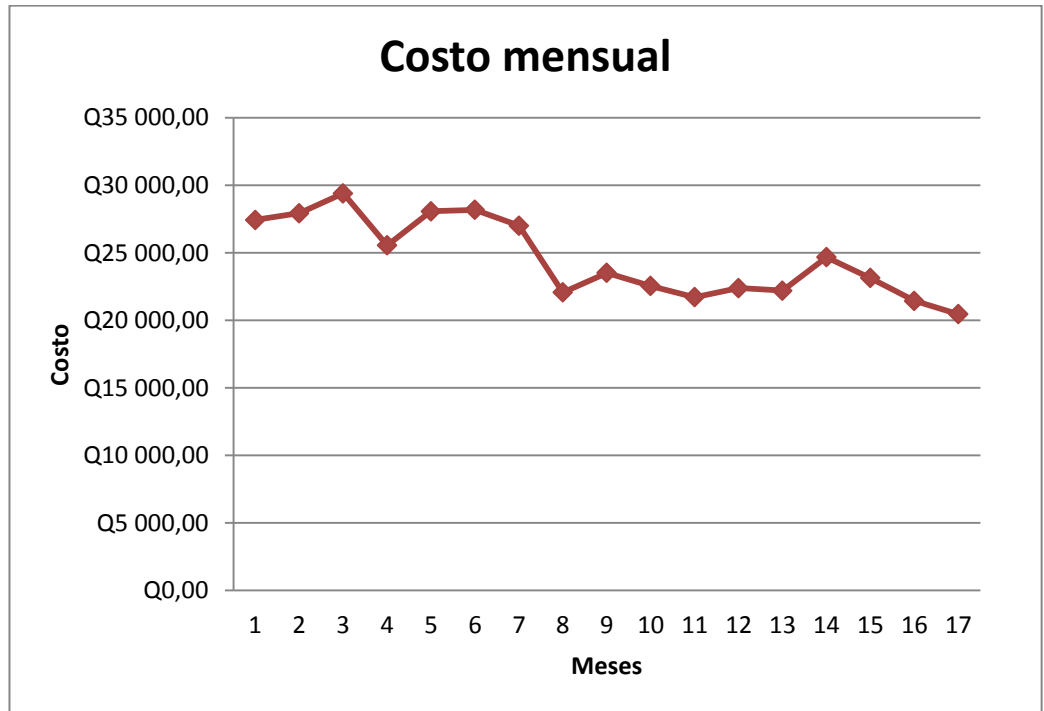
Fuente: Empresa eléctrica de Guatemala, S.A.(EEGSA.)

Figura 9. Gráfica de kWh consumidos



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A (EEGSA).

Figura 10. **Gráfica de costos por consumo**



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A(EEGSA).

### 2.3. **Proceso de reutilización de solventes**

La reutilización de solventes es un proceso utilizado en la fábrica para la recuperación de solventes de limpieza con el fin de ahorrar costos. Este proceso se realiza mediante un sistema de destilación de bajo consumo y alta eficiencia, con la máquina marca SIVA modelo S15V.

El proceso recupera 90% del solvente, el otro 10% se pierde por contaminación con agua cuando la temperatura de destilación supera los 100°C. Como residuo de la destilación se obtiene una mezcla sólida de pigmentos, resinas y otros aditivos arrastrados durante la limpieza.

## Figura 11. Proceso de reutilización de solvente

Diagrama de operaciones de proceso

Proceso: Recuperación de solvente  
 Elaborado por: Héctor Alfredo Oliva Rodríguez  
 Área: Destilación y recuperación de solventes

Fecha: junio/ 2014  
 Página 1/1  
 Versión 1.0

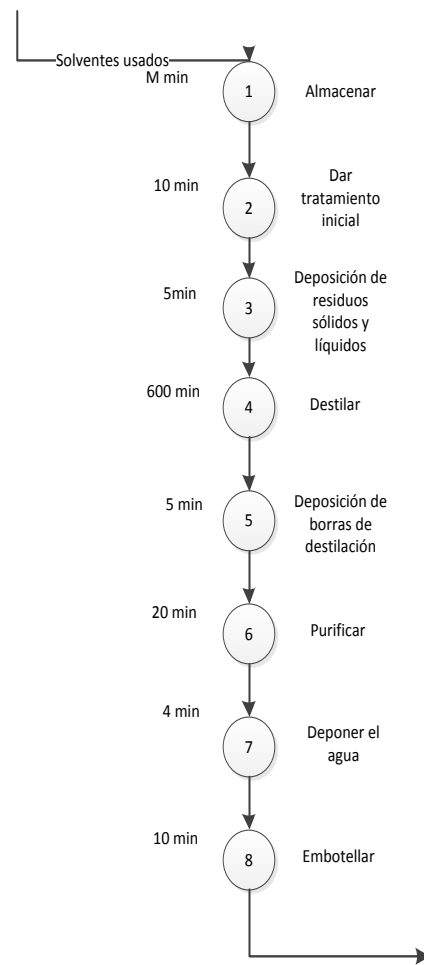


Figura	Actividad	Cantidad	Tiempo
○	Operación	8	654 + M min
□	Verificación	0	0 min
Total		8	654 + M min

Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de operaciones anterior se toma la variable “M” como un número de minutos muy grande e indefinido el cual es esperado para acumular la cantidad necesaria de solvente por recuperar.

### 2.3.1. Tipo de solventes candidatos a ser reutilizados

Por ser para fines de limpieza, los solventes candidatos a ser reutilizados son en un 85% proveniente de tinerlaca y 15% de otros como solventes aromáticos, acetatos, cetonas, alcoholes y mezclas de ellos residuos de los procesos de producción.

Tabla IV. **Solventes candidatos a ser reutilizados**

<b>Solventes halogenados</b>	<b>Solventes no halogenados</b>	
Tetracloruro de carbón	Acetona	Metiletil cetona
Clorobenceno	Benceno	Metilisobutil cetona
Cloruro de metileno	Ácido cresílico	Alcohol n-butílico
Tricloroetileno	Ciclohexanona	Nitrobenceno
Tetracloroetileno	Acetato etílico	Piridina
Tricloroetano	Benceno etílico	Tolueno
Triclorotrifluoroetano	Eter etílico	Xileno
Triclorotriifluorometano	Isobutanol	2-etoxietanol

Fuente: 2610ESM-108 Norma ambiental para recuperación y manejo de solventes usados. p. 2.

Los solventes por recuperar deben tener un punto de ebullición de entre 60°F y 90°F para que el proceso sea efectivo. Si la temperatura es menor o mayor de ese rango habrá contaminación o alteraciones químicas y físicas en el producto final.

### 2.3.2. Proceso de destilación

El proceso de destilación inicia desde que se van acumulando toneles de solvente utilizado para realizar las limpiezas de las máquinas y las tinas de

mezclado. Se realiza la limpieza y luego este solvente es vaciado en un tonel junto con el resto.

Se espera que se acumule una cantidad suficiente de toneles, alrededor de 10, para luego pasarlos al área de destilado. Cada tonel tiene una capacidad aproximada de 55 galones.

El área de destilado está situada en la entrada a la planta de producción por su acceso a energía eléctrica necesaria para hacer funcionar el destilador, una máquina SIVA S-15 V. Esta máquina permite recuperar solvente de una manera segura y a bajo costo, según las especificaciones del fabricante.

Luego de tener la reserva de 10 toneles se procede con la destilación. Es un simple procedimiento de conectar la manguera alimentadora de la máquina al tonel, encender la máquina, calibrarla a la temperatura deseada según los solventes que se estén trabajando y simplemente dejarla trabajar.

Todo el proceso de destilación de un tonel de 55 galones tarda un total de 10 horas, es decir, que la máquina permanece encendida durante todo el día de producción.

El solvente recuperado es recogido mediante un grifo en la máquina y luego es envasado y almacenado para su posterior uso en limpieza de máquinas y tinas de mezcla.

Se logra recuperar el 90% del solvente que se somete el proceso de recuperación. El restante 10% se pierde por falta o exceso de calor, contaminándose con agua y simplemente no llega a su punto de ebullición y no logra entrar al sistema de condensación.



Se desconoce el tiempo óptimo de utilización de la máquina. Solo se prende y se deja trabajando sola durante las 10 horas y luego se apaga, se limpia y se guarda, sin conocer el costo que tuvo la operación en sí.

La empresa no tiene ningún tipo de control en este proceso, ni una adecuada planificación para este sistema, todo el proceso de guardar los toneles hasta que sean suficientes es bastante empírico y no muestra una veracidad en cuanto a costos y productividad.

## Figura 12. Proceso de destilación

Diagrama de operaciones de proceso

Proceso: Proceso de destilación  
 Elaborado por: Héctor Alfredo Oliva Rodríguez  
 Área: Destilación y recuperación de solventes

Fecha: junio/ 2014  
 Página 1/1  
 Versión 1.0

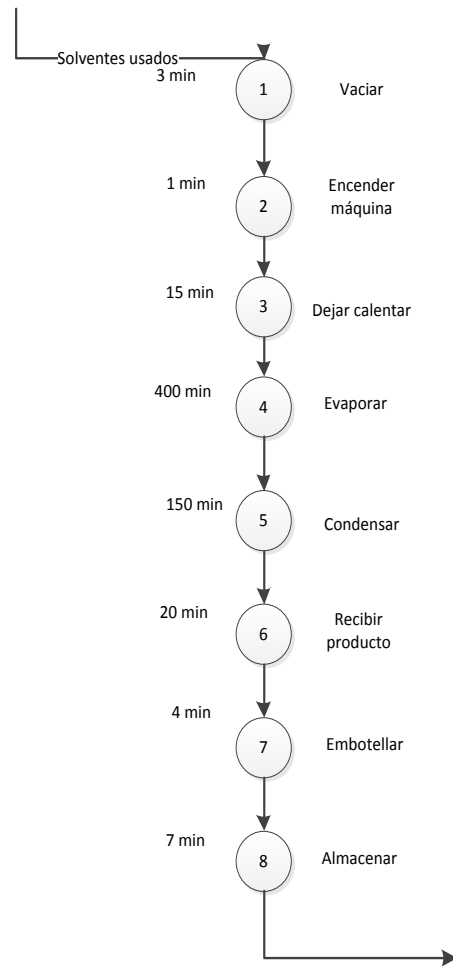


Figura	Actividad	Cantidad	Tiempo
○	Operación	8	600 min
□	Verificación	0	0 min
Total		8	600 min

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.3. Residuos y subproductos**

Luego de realizar el proceso de destilación, se obtienen los residuos. El primer residuo que sobresale es el 10% del solvente de entrada que se contaminó con agua al final del proceso, luego que la máquina alcanzara una temperatura mayor a 100°C. Esta mezcla de agua y solventes pierde totalmente sus propiedades de limpieza y queda inservible.

Otro residuo que se obtiene es una mezcla sólida que no ha sido analizada a profundidad, pero se presume está compuesta por todos los pigmentos, aditivos y resinas que fueron arrastrados durante las limpiezas. Esta mezcla es inconsistente en sus cantidades, es decir, ninguna es igual a la anterior y eso dificulta darle un uso.

La forma que ha optado la empresa por desechar esta mezcla sólida es la de agregarle aserrín y luego se tira con el resto de la basura en general. Aún así, la empresa está interesada en la búsqueda de nuevas y mejores alternativas que no sean tan perjudiciales para el ambiente.

Actualmente, la empresa se encuentra en una asesoría del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se piensa que la forma de desechar los residuos de la destilación será un punto negativo.

### **2.3.4. Eficiencia del proceso**

En este proceso, como en sus demás procesos productivos, la empresa no cuenta con un sistema de medición de eficiencia ni productividad. Más bien se enfocan en medir el rendimiento que estos tienen.

El proceso de recuperación de solventes tiene un rendimiento del 90%, cuando se realiza en condiciones óptimas. Para este caso, una condición óptima es procesar solventes con punto de ebullición entre 60°F y 110°F, para evitar así la contaminación con agua.

No se ha logrado medir cuánta energía eléctrica se consume, cuántas horas de trabajo son necesarias para lograr un proceso eficiente, ni tampoco la cantidad óptima de solvente por reutilizarse que se debe almacenar antes de ser procesado.

$$\text{Indicador solvente perdido} = \frac{5,5 \text{ galones}}{55 \text{ galones}} = 0,1$$

$$\text{Indicador de tiempo} = \frac{55 \text{ galones}}{10 \text{ horas}} = 5,5 \text{ gal/h}$$

$$\text{Eficacia del proceso} = \frac{49,5 \text{ galones recuperados}}{55 \text{ galones total}} = 0,9$$

### **3. PROPUESTA DE MEJORA**

En este capítulo se tratan los temas referentes a la propuesta de mejora diseñada alrededor de tres ejes principales: la mejora en la eficiencia energética de los procesos, tiempos de operación y manejo adecuado de desechos.

#### **3.1. Replanteamiento del proceso de destilado de solventes**

El proceso de destilado de solventes de la empresa debe tener un estándar de cuándo realizar el destilado para su recuperación, a fin de no estar propensa a tener fugas de costos asociados a esta actividad. Costos como almacenamiento, oportunidad, por faltantes, por realizar una orden y de producción. Esto hace de mucha importancia que se diseñe un sistema para programar las destilaciones.

Se utilizará una adaptación de los modelos de lotes económicos de producción sin déficit para realizar el modelado del sistema. Para la implementación del modelo se toman en cuenta los costos básicos que son: costo unitario por cantidad producida, el costo que tiene para la empresa el destilar un galón de solvente recuperado; costo de preparación, la serie de costos fijos independientes de la cantidad que se produce; y el costo total. A esto se añade el costo de mantener en inventario, generado por la tenencia de un artículo en bodega por un tiempo determinado; estos datos aproximados se obtienen mediante la realización de cotizaciones de bodegas similares que se utilizarían para su almacenaje.

Así mismo, se planteará la subcontratación de empresas dedicadas al tratamiento ecológico de este tipo de procesos para la identificación y procesado adecuado de los residuos del destilado.

### **3.1.1. Identificación de componentes de los residuos**

Con el fin de identificar de manera precisa los componentes de los residuos del reciclaje del solvente y tomando en cuenta la importancia de conocerlos para lograr un tratamiento efectivo, adecuado y ecológico, se deberá poner estos a disposición de un laboratorio competente preferiblemente con especialización en plásticos y con certificación o bien, que siga el modelo de la norma ISO 17025.

Lo que se pretende con esto es lograr esclarecer con alta certeza los componentes químicos que el residuo pueda llegar a tener, así como la mejor forma de disponer finalmente de ellos de una manera adecuada, tanto para los intereses económicos de la empresa como para la conservación del ambiente.

Además, se busca determinar sus características de flamabilidad y establecer su compatibilidad de utilización como sustancia comburente que al ser mezclado con combustibles normales y actualmente comercializados pueda utilizarse, al ser quemado, como aditivo para aumentar la velocidad o capacidad de combustión para distintos sistemas de conversión de energía, como calderas pirotubulares y acuotubulares. Esta es la opción más óptima, debido a su gran posibilidad de convertirse en una fuente de combustible sustituto y ecológico por su origen reciclado.

Una forma empírica para establecer el cumplimiento de estos criterios es realizar pruebas para medir la capacidad de las sustancias sólidas y líquidas

para aumentar la velocidad o intensidad de combustión de una sustancia combustible con la que se forma una mezcla homogénea, o la propiedad de provocar inflamación espontánea.

La prueba para sustancias sólidas se realiza con una mezcla de la sustancia y de celulosa fibrosa seca en proporción de masa de 1:1, se comparan las características de combustión de cada mezcla contra una mezcla de referencia de celulosa con bromato de potasio en proporción de 3:2 para sustancias de categoría 1; 2:3 para categoría 2; 3:7 para las sustancias de categoría 3.

La prueba para sustancias líquidas se realiza con fines similares, agregando la búsqueda de la propiedad de provocar inflamación espontánea de una sustancia combustible con la cual esté mezclada de manera homogénea.

Se mide el tiempo de subida de presión durante la combustión y en función de los resultados de la prueba se determina si un líquido es una sustancia comburente.

Los resultados del ensayo en sólidos se evalúan basándose en dos aspectos. El primero la comparación del tiempo medio de combustión con el de las mezclas de referencia; y segundo, el hecho de que la mezcla de sustancia con celulosa se inflame y arda.

Los resultados del ensayo en líquidos se evalúan basándose en dos aspectos. El primero, si la mezcla de sustancia y celulosa se inflama espontáneamente o no; y segundo, la comparación de tiempo medio de subida de la presión manométrica contra el tiempo medio de las sustancias de referencia.

### 3.1.2. Mitigación de residuos

Para este trabajo se definirá “mitigación de residuos” como la reducción de desperdicios en tiempo, energía, producción y sub productos. Para cumplir este fin se tomará el proceso de recuperación de solvente para el planteamiento de un modelo de producción sin déficit.

El modelo de producción sin déficit es un modelo matemático adaptado del de compra sin déficit. En este se cambia el costo por ordenar por el costo de iniciar una tanda de producción. Su finalidad es lograr determinar la cantidad óptima por producir, representando un balance entre los costos de almacenamiento y los costos de preparación de una tanda de producción.

Las variables utilizadas en el modelo de producción sin déficit son:

$C_1$  = Costo unitario

$C_2$  = Costo por tanda de producción

$C_3$  = Costo de almacenamiento

$CT$  = Costo total

$Q$  = Cantidad óptima

$D$  = Demanda total para un intervalo de tiempo

$I_m$  = Inventario máximo

Las fórmulas por utilizar en el modelo de producción sin déficit son:

1. Cantidad óptima de producción

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_3}}$$



2. Inventario máximo a mantener

$$I_m = Q$$

3. Costo total de la producción

$$C_T = C_1D + \frac{C_2D}{Q} + \frac{C_3Q}{2}$$

El objetivo de la estandarización del proceso mediante la utilización del modelo de producción sin déficit es el de optimizar no solo la cantidad óptima que se quiere producir, sino también el inventario máximo a mantener y los costos asociados estos aspectos.

Para el caso de esta investigación la cantidad óptima y el inventario máximo estarán dados en galones de solvente y el costo total estará dado en quetzales.

Los datos que se obtengan de estos cálculos deberán representar un ahorro para la empresa, tanto en consumo eléctrico, pues debería incrementarse la eficiencia y el aprovechamiento de la capacidad instalada, así como una disminución en los residuos materiales, físicos y desperdicios en tiempo y energía eléctrica.

### **3.2. Reutilización de subproductos**

La reutilización de subproductos del proceso de recuperación de solventes estará determinada principalmente al establecimiento de la factibilidad de utilización que estos tengan, ya sea como solvente de limpieza, agentes comburentes o como resina plástica de usos varios.

Si se llegara a encontrar que los subproductos del proceso de recuperación de solventes simplemente no tienen ninguna reutilización bajo condiciones actuales de tecnología, mercado y ambiente, no debe descartarse que en un futuro estas existan y sean favorables para que los subproductos en ese momento sí tengan un uso real y útil.

Los subproductos líquidos, es decir el destilado final del proceso, no posee las características químicas adecuadas en comparación a los solventes vírgenes, pero aun así llegan a tener capacidad abrasiva suficiente para ser utilizados como agentes de arrastre en procesos de limpieza, donde luego de terminada la tarea pueden volver a pasar por el proceso de recuperación, aunque con un porcentaje de restablecimiento menor al original.

El solvente recuperado y utilizado como agente de limpieza, puede llegar a representar un ahorro sustancial para la empresa. Es por esto que es el subproducto objetivo en el proceso.

Los procesos de limpieza con solventes vírgenes o recuperados arrastran diferentes tipos de materiales, entre ellos resinas plásticas, pigmentos y hasta otros solventes derivados del petróleo.

Los materiales al ser separados en el proceso de destilado tienen a formar una masilla a la que, como se explicó en el punto 3.1.1, se le debe aplicar una prueba para la identificación de sus propiedades y lograr determinar si tiene aplicaciones como agente comburente, es decir, material de uso en calderas para mejorar el rendimiento del combustible utilizado tanto en tiempo útil como en calor emitido.

### **3.2.1. Efectividad de nuevo proceso**

El nuevo proceso será determinado como efectivo cuando los resultados medidos tanto bajo el nuevo modelo de producción sin déficit, como la reutilización de los subproductos demuestren que están brindando más beneficio al negocio y al cuidado del ambiente que el proceso antiguo.

Se deberá determinar que los costos de producción disminuyeron, que la eficiencia aumentó y que el impacto ambiental se redujo. Siendo estos los tres pilares fundamentales de la investigación y la base para una producción más limpia.

De no lograrse demostrar bajo las condiciones planteadas una mejora al sistema y al proceso, se deberán plantear correcciones y acciones correctivas con sus respectivos planes de acción, responsables y fecha de cierre. Todo esto documentando formalmente como parte de la mejora continua del proceso y del sistema.

### **3.3. Utilización eficiente de la energía eléctrica**

El uso eficiente de la energía es uno de los más importantes aspectos que se debe tomar en cuenta, pero así también uno de los más difíciles de implementar. La eficiencia energética brinda reducción de costos de producción y una producción más limpia, en la que se utilizan menos los recursos no renovables con los que se produce la electricidad en Guatemala.

Se debe plantear distintas alternativas para que tanto individualmente, como en conjunto, se logre tener una utilización eficiente de la energía eléctrica en los procesos.

Las alternativas planteadas en esta investigación abarcan la estandarización de tiempos, para evitar desperdicio de tiempo en el que las máquinas estén energizadas sin motivo o más de lo necesario; un análisis beneficio costo enfocado al cambio de régimen del contrato de consumo de energía eléctrica así como los requerimientos mínimos que cada una de las opciones necesita para funcionar.

Finalmente, se plantean los resultados esperados de la implementación de las propuestas al proceso y sistema de producción de pintura. Se tomarán en cuenta, para este análisis, las operaciones administrativas siempre y cuando estas tengan un consumo significativo reflejado en la factura mensual de energía eléctrica de la empresa.

El precio oscilante de la energía eléctrica debe ser un factor por tomar en cuenta, pues aunque no es una variable que la empresa pueda controlar directamente, sí tiene efecto en el costo de producción final.

### **3.3.1. Optimización de tiempos**

La optimización de tiempos en los procesos estudiados es fundamental para alcanzar un sistema en el que se minimicen los desperdicios y se maximice la eficiencia.

Se debe realizar un análisis de los procesos estudiados para determinar las acciones de potencial optimización, con el fin de minimizar la cantidad de trabajo, disminuir los movimientos innecesarios y sustituir métodos poco eficientes.

El potencial de los procesos estudiados está en la capacidad instalada de la planta que no es aprovechada. Esto significa la implementación del proceso rediseñado en el que se maximice la utilización de los recursos productivos de la planta en método, materiales, maquinaria y mano de obra.

El objetivo principal es el de eliminar el tiempo improductivo, es decir, todo aquel tiempo que no genere valor agregado al cliente, pero que para la empresa está representando costos que no pueden ser trasladados al precio final. Al reducir estos costos por baja productividad, el proceso tendería a ser más eficiente y al mismo tiempo eficaz, es decir, cumpliría su función al mismo tiempo que serían necesarios menos recursos para ese fin.

### **3.3.2. Análisis beneficio-costo**

El análisis beneficio-costo es una herramienta de toma de decisiones basada en la identificación de beneficios tangibles e intangibles que se obtendrían a partir de cierta inversión o costo.

Es importante la realización de este análisis para la implementación del proceso rediseñado con el fin de garantizar que los beneficios económicos o no económicos sean mayores a los costos de inversión. En base a los resultados del análisis se podrá determinar la factibilidad de operación del nuevo sistema.

Se deben tener en cuenta dos aspectos del análisis beneficio-costo antes de su cálculo: la primera, el resultado del análisis beneficio-costo es un indicador que expresa términos relativos, siendo su interpretación un reflejo de la cantidad recuperada o ganada por cada unidad monetaria invertida; y

segunda, se debe determinar la tasa de interés en la cual se estará realizando la inversión.

El análisis beneficio-costos de ser determinado numéricamente mediante una división entre las sumas individuales de la proyección de ingresos que se planea obtener dentro de los costos asociados a la inversión por realizar o egresos del mismo.

La fórmula por utilizar es:

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n Bi}{\sum_{i=0}^n Ci}$$

En donde las variables utilizadas en este cálculo son:

B/C = relación beneficio-costos

Bi = Beneficio bruto

Ci = Egreso bruto

### **3.3.3. Requerimientos**

Para el uso eficiente de la energía eléctrica se deben implementar ciertos requerimientos paralelos al rediseño de la operación, esto con el fin de hacer una re estructura integral en el consumo de energía eléctrica de la empresa y establecer una cultura entre los colaboradores de toda la organización con el fin unificado de tener una empresa más eficiente a todo nivel.

En base a lo anterior, se plantean dos tipos de requerimientos:

Requerimientos técnicos, incluyendo pero no limitándose a las recomendaciones del fabricante para el uso y mantenimiento adecuado de los equipos, así mismo las recomendaciones de la Empresa Eléctrica de Guatemala en el control de potencia utilizada por la planta.

Los requerimientos mínimos culturales recomendados están basados en el uso responsable de la energía eléctrica desde las actividades más básicas de la empresa para, además de ahorrar, disminuir la dependencia energética, reducir las emisiones de dióxido de carbono y mejorar la situación de salud ocupacional en la planta.

El requerimiento principal es el del compromiso que los colaboradores de todo nivel deben tener para con la empresa en su búsqueda de el uso eficiente de la energía eléctrica.

Seguidamente cambios en aspectos de infraestructura serán necesarios, en los que estarán incluidos pero no se limitarán a: cambio de luminarias convencionales por lámparas de bajo consumo, pintar paredes y techo de colores claros, instalación de láminas transparentes para aprovechar la luz natural, iluminar directamente las áreas de trabajo e inspección.

#### **3.3.4. Resultados esperados**

Los resultados esperados para la utilización eficiente de la energía eléctrica van enfocados a la búsqueda de conseguir una relación económicamente más beneficiosa para la empresa entre la energía consumida y la producción total transformada con esa energía.

### **3.4. Índices e indicadores por estudiar**

Se deben establecer índices e indicadores como herramienta de medición de resultados para establecer el nivel de efectividad que las actividades realizadas, los procesos y sistemas están teniendo respecto de los objetivos planteados.

Es importante establecer una clara diferencia entre el uso de índices e indicadores. Los indicadores serán utilizados como herramientas de medición de una única variable de proceso o sistema y su comportamiento, mientras que los índices integran múltiples variables dentro de su alcance y permitirán evaluar las fluctuaciones que tenga un proceso o sistema.

Los indicadores por medir para esta investigación son: eficiencia eléctrica, eficiencia de destilado, cantidad de desechos, utilización de subproductos de destilado y la disposición de desechos.

El único índice a medir para esta investigación es el de productividad total, pues tiene dentro de su alcance varias variables que determinan su comportamiento en un momento determinado.

A continuación se presentan los distintos índices e indicadores por calcular, definición general aplicada a la situación, función dentro del sistema y forma de calcularlo.



### **3.4.1. Productividad total**

La productividad total es el índice que evalúa conjuntamente varios aspectos de productividad y los aglomera en una sola medición, relacionando el total de producción y la suma de todos los factores de insumo.

Se calculará, para fines de esta investigación, haciendo la división entre la cantidad total producida y los insumos de entrada utilizados para esa producción. Se tomarán en cuenta los insumos cuya variabilidad dependa únicamente del tiempo, es decir, energía y mano de obra. No se tomarán en cuenta variables como costo del material, por no ser dependiente del tiempo de operación.

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{Insumos}}{\text{Producción}}$$

$$\text{Productividad total} = \frac{(\text{Energía} + \text{Mano de obra})}{\text{Galones producidos}}$$

### **3.4.2. Eficiencia eléctrica**

La eficiencia eléctrica es un indicador que mide la capacidad de utilización de energía eléctrica que tiene un proceso o sistema. Mide la cantidad de energía eléctrica que se utilizan en la fabricación por unidad de un producto determinado.

Para esta investigación se tomarán los datos obtenidos de las lecturas de los monitores de las máquinas en cuando a su consumo de Kwh y se dividirá entre la cantidad de galones producidos de pintura y de solvente retenido, siendo estos valores constantes del proceso.

Constantes:

Para mezcla de pintura = 200 galones

El objetivo de medir la eficiencia eléctrica es lograr encontrar puntos en los que se pueda hacer más eficiente el consumo, es decir, aumentar la producción con menor energía.

La eficiencia eléctrica se calculará de la siguiente manera tanto para la producción de pintura, como para el proceso de recuperación de solvente:

$$\text{Eficiencia eléctrica} = \frac{\text{Energía consumida(Kwh)}}{\text{Unidad de producto (galones)}}$$

### **3.4.3. Eficiencia de destilado**

La eficiencia de destilado es un indicador que mide la capacidad que tiene el proceso de destilado de solvente para recuperar la mayor cantidad posible de solvente en comparación con el solvente sucio que se incorpora al sistema.

Este indicador sirve para medir la influencia que tienen los distintos factores que influyen de una manera y otra al proceso de destilado, esto con el objetivo de poder tomar decisiones y aplicar correcciones y acciones correctivas según sea necesario.

La eficiencia del destilado se debe medir utilizando las unidades en galones de solvente limpio o recuperado sobre solvente sucio ingresado al sistema. Este cálculo dará como resultado la cantidad de solvente limpio que se obtiene por cada unidad de solvente sucio.

$$\text{Eficiencia de destilado} = \frac{\text{Solvente limpio (galones)}}{\text{Solvente sucio utilizado (galones)}}$$

#### **3.4.4. Cantidad de desechos**

La cantidad de desechos es un indicador fundamental para el estudio de utilización de recurso, pues dará una perspectiva medible al conjunto de actividades realizadas y su efectividad conjunta dándole un número a la cantidad de recursos no utilizados y a los desperdicios totales.

El indicador de medición de cantidad de desechos sirve para determinar si la combinación de actividades realizadas está siendo efectiva, además de dar un parámetro numérico en el cuál sustentar la mejora continua de los procesos con énfasis en la reducción de desechos, desperdicios e impacto ambiental.

La cantidad de desechos se mide mediante la suma en galones de desechos físicos obtenidos como subproducto, más la capacidad instalada no aprovechada dividido el total de solvente utilizado en el proceso de recuperación.

Este resultado dará la cantidad de desperdicio por cada unidad de solvente sucio utilizada.

$$\text{Cantidad de desechos} = \frac{\text{Desechos} + \text{Capacidad no aprovechada (galones)}}{\text{Solvente sucio utilizado (galones)}}$$

### **3.4.5. Utilización de subproductos de destilado**

La utilización de subproductos de destilado es el indicador que permite medir la cantidad de subproductos a los que se les ha encontrado una utilidad paralela o en sustitución al descarte definitivo.

Es un indicador que sirve para determinar la cantidad de material que es aprovechado luego de haber pasado por el proceso de recuperación. Este indicador queda sujeto a evaluación durante el ciclo de mejora continua, y debería de dejarse de medir en caso llegara a determinarse que los subproductos del destilado no tienen uso alguno.

Así mismo debe ser tomando el cuenta que el solvente recuperado que sí puede ser reutilizado, es un subproducto, pero ya se tiene un indicador individual para su medición.

Para el cálculo de este indicador se debe dividir la cantidad de subproductos medidos en galones, restarles la cantidad de galones de solvente recuperado y dividirlo entre la cantidad de solvente sucio utilizado en el sistema.

$$\text{Utilización de subproductos} = \frac{\text{Subproductos} - \text{Solv. recuperado (galones)}}{\text{Solvente sucio utilizado (galones)}}$$

### **3.4.6. Deposición de desechos**

La disposición de desechos es un actividad que debe medirse mediante un indicador individual el cual permita establecer de forma numérica los

desechos que han sido dispuestos de forma definitiva, es decir los desechos que por cualquier razón ya no serán utilizados en otras actividades o funciones.

El indicador de deposición de desechos es un indicador muy útil que dará un parámetro el cuál servirá para medir la cantidad de desechos sin capacidad de ser útiles o recuperables que el sistema está generando.

El indicador de deposición de desechos debe tomar en cuenta de forma separada a los desechos sólidos de los líquidos, pues por su naturaleza, su deposición final será diferente.

#### **3.4.6.1. Sólidos**

La deposición final de los desechos sólidos será medida por un indicador que exprese la cantidad de subproductos inutilizables sólidos que hayan podido ser manejados adecuadamente como desechos y ya no forman parte de la cadena de suministros de la producción.

$$\text{Desechos sólidos} = \frac{\text{Desechos sólidos (Kg)}}{\text{Desechos totales (Kg)}}$$

#### **3.4.6.2. Líquidos**

La deposición final de los desechos líquidos será medida por un indicador que exprese la cantidad de subproductos inutilizables líquidos que hayan podido ser manejados adecuadamente como desechos y ya no forman parte de la cadena de suministros de la producción.

Determinando la densidad de los desechos líquidos puede establecerse mediante comparación con otras densidades de líquidos conocidos de qué líquido se trata o si es una mezcla de varios líquidos.

$$\text{Desechos líquidos} = \frac{\text{Desechos líquidos (Kg)}}{\text{Desechos totales (Kg)}}$$

### **3.5. Resultados esperados**

Los resultados esperados para la investigación están basados en los objetivos específicos planteados al inicio, siendo la guía principal de los logros que se pretenden alcanzar con la implementación de la propuesta de mejora.

#### **3.5.1. Pronósticos finales**

Para alcanzar los objetivos planteados se deben mantener una serie de resultados estables a lo largo de los distintos procesos de transformación.

En búsqueda de aumentar la eficiencia del proceso de producción de 200 galones de pintura en al menos 5% se debe optimizar el tiempo de horas hombre trabajadas hasta alcanzar un total de 6.67 horas trabajadas, manteniendo el nivel de producción de 200 galones.

Teniendo como base los datos obtenidos durante el período de enero de 2013 a mayo de 2014 para alcanzar una disminución de 1% en el consumo eléctrico en el proceso de producción de pintura se tiene el siguiente pronóstico de consumo y costo, tomando la tarifa del período como una constante de Q2.48/KWh.

La siguiente tabla expresa el pronóstico de los resultados mínimos que se esperan obtener tomando como base los datos del periodo estudiado para lograr determinar el impacto en consumo y en costo que tendría la implementación y el alcanzar los objetivo específicos de disminuir el consumo eléctrico y aumentar el ahorro, ambos en al menos 1%.

Tabla V. **Pronóstico de consumo eléctrico**

<b>Mes</b>	<b>kWh consumidos</b>
1	9 821
2	10 058
3	10 850
4	8 633
5	10 217
6	10 296
7	9 662
8	9 425
9	10 138
10	9 583
11	9 346
12	9 662
13	9 662
14	10 850
15	10 058
16	9 187
17	9 266
18	9 807

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2. Resultados económicos esperados**

Basado en el objetivo específico de lograr ahorros mensuales de al menos 1% en los costos asociados a energía eléctrica se establece en forma de

pronóstico que la reducción en el consumo mensual deberá de ser de al menos 1% para mantener el estándar y poder alcanzar el objetivo planteado.

La siguiente tabla expresa el pronóstico de resultados mínimos que se deberían de alcanzar para lograr cumplir con el objetivo planteado para un periodo de estudio de tres meses.

Tabla VI. **Pronóstico de costo mensual de energía eléctrica**

<b>Mes</b>	<b>Total pagar (Período base)</b>	<b>Total pagar de (Período estudio)</b>	<b>Diferencia</b>
1	Q27 426,19	Q24 356,13	Q3 070,06
2	Q27 923,40	Q24 945,40	Q2 978,00
3	Q29 390,15	Q26 909,60	Q2 480,55

Fuente: elaboración propia.

A pesar de tener un período de estudio de tres meses, se espera poder alcanzar este nivel de ahorro en el costo de la energía eléctrica y con ello aumentar la productividad de la empresa a largo plazo y de forma sostenida en el tiempo.



## **4. IMPLEMENTACIÓN**

El siguiente capítulo tiene como finalidad el exponer de forma práctica, rápida y sencilla los resultados obtenidos por la implementación de los nuevos sistemas y procesos de mejora diseñados para la fabricación de pintura y reproceso de solvente. Así mismo se expresan las distintas actividades que se planeó realizar con el objetivo de la implementación de los nuevos procesos y mediciones.

### **4.1. Actividades por realizar**

Debido a la importancia que tiene la planificación de las actividades a realizar para lograr una implementación eficaz y a tiempo. Se estimó inicialmente un periodo de 3 meses para la realización del conjunto de actividades de implementación.

### **4.2. Optimización de tiempos**

Al realizar el análisis para la optimización de tiempos se encontró que era posible hacer una reducción entre 22 a 25 minutos desde la fase de formulación, al estandarizar desde su desarrollo las fórmulas de los productos y así eliminando al mismo tiempo la variabilidad del proceso; teniendo el proceso bajo control, ya no era necesaria la fase de inspección, así mismo esto permitió aumentar la velocidad de la máquina reduciendo un promedio de 5 minutos de proceso.

## Figura 13. Optimización de tiempos

Proceso: Fabricación de pintura de látex  
 Elaborado por: Héctor Alfredo Oliva Rodríguez  
 Máquina: Myers

Diagrama de operaciones de proceso

Fecha: junio/ 2014  
 Página 1/1  
 Versión 1.0

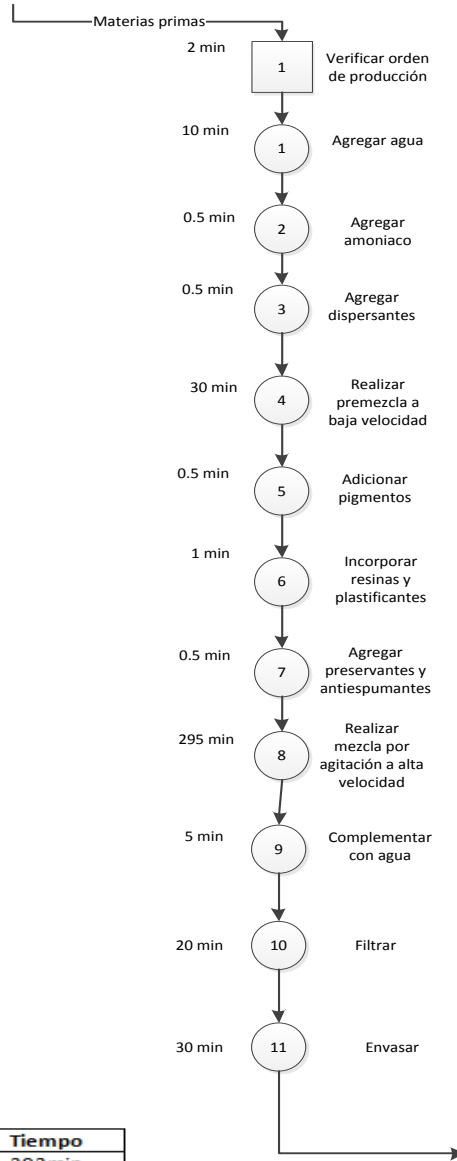


Figura	Actividad	Cantidad	Tiempo
○	Operación	11	393min
□	Inspección	1	2min
<b>Total</b>		<b>12</b>	<b>395min</b>

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, el tiempo total de operación para la elaboración de una corrida normal de pintura es de 395 minutos, en comparación a los 417 minutos del proceso no optimizado.

#### **4.3. Energía eléctrica utilizada eficientemente**

La utilización eficiente de la energía eléctrica se ha planteado como uno de los ejes principales de la investigación por su criticidad para el proceso como por el beneficio económico que puede representar para la organización el poder administrar sus recursos energéticos con el objetivo de obtener ahorro en sus costos.

Se lograron implementar mejoras al proceso de producción en el que se optimizaron los tiempos de operación, por consiguiente optimizando también el tiempo de uso de la energía eléctrica aprovechando solo la energía que es necesaria sin desperdicios.

Los resultados obtenidos en la eficiencia energética contribuyeron no solo a la reducción de costos operacionales, sino también a la producción más limpia de la planta y sus procesos para el cumplimiento de los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

#### **4.4. Medición de nuevos indicadores e índices**

Como se ha determinado en el capítulo anterior, la medición de los sistemas es la base fundamental para establecer la situación de las operaciones como la determinación las mejoras obtenidas en relación a las prácticas anteriores.

En base a esto se expresan a continuación los resultados obtenidos de los principales índices e indicadores estudiados, así como la comparación y análisis cualitativo y cuantitativo respecto del conjunto de actividades del período estudiado antes de la implementación.

#### **4.4.1. Productividad**

Los resultados de productividad están dados según el cálculo de la siguiente fórmula de productividad total y se describen los resultados obtenidos de 90 días de mediciones de las variables descritas, divididos en tres períodos de 30 días cada uno.

$$\text{Productividad total} = \frac{(\text{Energía} + \text{Mano de obra})}{\text{Galones producidos}}$$

Donde las variables representan:

- Energía: la cantidad de Kwh utilizado en la producción del día
- Mano de obra: el costo operativo asociado al pago de salarios por el tiempo ocupado para la producción

Como parte de la fórmula de productividad total se estableció que “Galones producidos” es la única constante en la fórmula, para el estudio son 200 galones de pintura por tanda de producción diaria.

Tabla VII. Resultados de productividad mes #1

Día	Horas trabajadas	Consumo eléctrico (Kwh)	Costo energía eléctrica	Mano de obra	Galones producidos	Productividad (Q/gal)
1	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
2	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
3	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
4	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
5	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
6	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
7	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
8	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
9	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
10	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
11	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
12	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
13	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
14	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
15	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
16	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
17	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
18	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
19	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
20	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
21	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
22	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
23	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
24	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
25	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
26	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
27	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
28	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
29	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
30	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Resultados de productividad mes #2

Día	Horas trabajadas	Consumo eléctrico (Kwh)	Costo energía eléctrica	Mano de obra	Galones producidos	Productividad (Q/gal)
31	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
32	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
33	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
34	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
35	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
36	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
37	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
38	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
39	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
40	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
41	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
42	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
43	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
44	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
45	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
46	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
47	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
48	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
49	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
50	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
51	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
52	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
53	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
54	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
55	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
56	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
57	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
58	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
59	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
60	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Resultados de productividad mes #3**

Día	Horas trabajadas	Consumo eléctrico (Kwh)	Costo energía eléctrica	Mano de obra	Galones producidos	Productividad (Q/gal)
61	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
62	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
63	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
64	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
65	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
66	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
67	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
68	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
69	6,82	75	Q225,00	Q206,80	200,00	2,16
70	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
71	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
72	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
73	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
74	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
75	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
76	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
77	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
78	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
79	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
80	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
81	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
82	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19
83	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
84	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
85	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
86	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
87	6,64	73	Q219,00	Q201,28	200,00	2,10
88	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
89	6,73	74	Q222,00	Q204,04	200,00	2,13
90	6,91	76	Q228,00	Q209,55	200,00	2,19

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.2. Eficiencia eléctrica en el proceso

Los resultados de eficiencia eléctrica están dados según el cálculo de la siguiente fórmula y se describen los resultados obtenidos de noventa días de mediciones de las variables descritas divididos en tres períodos de treinta días cada uno.

$$\text{Eficiencia eléctrica} = \frac{\text{Energía consumida(Kwh)}}{\text{Unidad de producto (galones)}}$$

Donde las variables representan:

-Energía consumida, la cantidad de Kwh utilizado en la producción del día

-Unidad de producto, la cantidad de galones de pintura producidos en el día.

Para el estudio se establece que la cantidad de galones de pintura producidos en el día se mantiene constante a lo largo del periodo en un valor de 200 galones de pintura diarios.

Los resultados de la columna de eficiencia eléctrica (Kwh/gal) representa la cantidad de energía eléctrica necesaria para la fabricación de cada galón en el día.



Tabla X. **Resultados de eficiencia eléctrica mes #1**

Día	Horas trabajadas	Consumo eléctrico	Galones producidos	Eficiencia eléctrica (Kwh/gal)
1	6,64	73	200,00	0,37
2	6,91	76	200,00	0,38
3	6,82	75	200,00	0,38
4	6,64	73	200,00	0,37
5	6,73	74	200,00	0,37
6	6,73	74	200,00	0,37
7	6,64	73	200,00	0,37
8	6,73	74	200,00	0,37
9	6,64	73	200,00	0,37
10	6,64	73	200,00	0,37
11	6,82	75	200,00	0,38
12	6,82	75	200,00	0,38
13	6,82	75	200,00	0,38
14	6,82	75	200,00	0,38
15	6,73	74	200,00	0,37
16	6,73	74	200,00	0,37
17	6,82	75	200,00	0,38
18	6,91	76	200,00	0,38
19	6,91	76	200,00	0,38
20	6,73	74	200,00	0,37
21	6,82	75	200,00	0,38
22	6,64	73	200,00	0,37
23	6,64	73	200,00	0,37
24	6,64	73	200,00	0,37
25	6,73	74	200,00	0,37
26	6,82	75	200,00	0,38
27	6,64	73	200,00	0,37
28	6,73	74	200,00	0,37
29	6,82	75	200,00	0,38
30	6,64	73	200,00	0,37

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resultados de eficiencia eléctrica mes #2**

<b>Día</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Consumo eléctrico</b>	<b>Galones producidos</b>	<b>Eficiencia eléctrica (Kwh/gal)</b>
31	6,64	73	200,00	0,37
32	6,73	74	200,00	0,37
33	6,91	76	200,00	0,38
34	6,73	74	200,00	0,37
35	6,73	74	200,00	0,37
36	6,73	74	200,00	0,37
37	6,91	76	200,00	0,38
38	6,91	76	200,00	0,38
39	6,64	73	200,00	0,37
40	6,64	73	200,00	0,37
41	6,64	73	200,00	0,37
42	6,73	74	200,00	0,37
43	6,64	73	200,00	0,37
44	6,91	76	200,00	0,38
45	6,64	73	200,00	0,37
46	6,82	75	200,00	0,38
47	6,91	76	200,00	0,38
48	6,82	75	200,00	0,38
49	6,64	73	200,00	0,37
50	6,64	73	200,00	0,37
51	6,82	75	200,00	0,38
52	6,91	76	200,00	0,38
53	6,82	75	200,00	0,38
54	6,64	73	200,00	0,37
55	6,73	74	200,00	0,37
56	6,82	75	200,00	0,38
57	6,73	74	200,00	0,37
58	6,91	76	200,00	0,38
59	6,91	76	200,00	0,38
60	6,82	75	200,00	0,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resultados de eficiencia eléctrica mes #3**

<b>Día</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Consumo eléctrico</b>	<b>Galones producidos</b>	<b>Eficiencia eléctrica (Kwh/gal)</b>
61	6,91	76	200,00	0,38
62	6,64	73	200,00	0,37
63	6,73	74	200,00	0,37
64	6,73	74	200,00	0,37
65	6,82	75	200,00	0,38
66	6,73	74	200,00	0,37
67	6,64	73	200,00	0,37
68	6,73	74	200,00	0,37
69	6,82	75	200,00	0,38
70	6,91	76	200,00	0,38
71	6,73	74	200,00	0,37
72	6,73	74	200,00	0,37
73	6,64	73	200,00	0,37
74	6,64	73	200,00	0,37
75	6,91	76	200,00	0,38
76	6,64	73	200,00	0,37
77	6,91	76	200,00	0,38
78	6,91	76	200,00	0,38
79	6,64	73	200,00	0,37
80	6,73	74	200,00	0,37
81	6,64	73	200,00	0,37
82	6,91	76	200,00	0,38
83	6,64	73	200,00	0,37
84	6,64	73	200,00	0,37
85	6,73	74	200,00	0,37
86	6,73	74	200,00	0,37
87	6,64	73	200,00	0,37
88	6,73	74	200,00	0,37
89	6,73	74	200,00	0,37
90	6,91	76	200,00	0,38

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Proceso de destilado de solventes replanteado

Se diseñó un sistema para programar las destilaciones de solvente, con el fin de garantizar que estas se hagan de tal manera que no se incurra en costos innecesarios y ocultos relacionados con el almacenamiento, oportunidad, por faltantes, realización de una orden y por producción.

Se modeló el nuevo sistema utilizando una adaptación de los modelos de lotes económicos de producción sin déficit. Para la implementación del modelo se tomaron en cuenta los costos fijos y variables para la determinación de la cantidad y el momento óptimo para producir el solvente reciclado.

##### 4.5.1. Componentes de los residuos

Por un tema de costos se optó por la realización de la prueba empírica para la identificación de los residuos y su factibilidad de ser usados como componentes combustibles.

Se hizo una mezcla de 400g en proporción 1:1 de los residuos sólidos de una corrida de producción de solvente reciclado al azar con aserrín y tres mezclas de bromato de potasio con aserrín en proporciones de 3:2, 2:3 y 3:7 respectivamente. Luego se procedió a iniciar la combustión con la ayuda de un mechero y se midió el tiempo que tardaban en arder.

Tabla XIII. Comparación de tiempos de combustión para sólidos

Tipo de mezcla	Tiempo de combustión (s)
Sustancia de prueba con aserrín (1:1)	27
Bromato de potasio con aserrín (3:2)	9
Bromato de potasio con aserrín (2:3)	12
Bromato de potasio con aserrín (3:7)	18

Fuente: elaboración propia.

Al conocer los tiempos de combustión de la mezcla de prueba en comparación con las mezclas de referencia, se observó que el de prueba es más alto que los de referencia; y según los criterios de clasificación para sólidos comburentes se encontró que los residuos sólidos del proceso de reciclado de solvente no cumplen con las características necesarias para poder ser reutilizados en otro tipo de actividades industriales como comburente.

#### 4.5.2. Residuos mitigados

Se implementó el modelo matemático de producción sin déficit para la mitigación de residuos de producción, subproductos, tiempo y energía con el fin de determinar la cantidad óptima de producción y establecer un balance entre los costos de almacenamiento y los costos de preparación de cada tanda de producción.

1. Cantidad óptima de producción

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_3}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2(Q418,74) * 1\ 650\ galones}{Q1\ 900}}$$

$$Q = \sqrt{727,28}\ galones$$

$$Q = 26.96\ galones$$

La cantidad óptima para empezar a producir es cuando se tienen acumulados 26,96 galones, es decir, medio tonel de 55 galones.

2. Inventario máximo por mantener

Para este modelo matemático de producción, el inventario máximo y la cantidad óptima se representan igual.

$$I_m = Q$$

$$I_m = 26,96 \text{ galones}$$

3. Costo total de la producción

$$C_T = C_1D + \frac{C_2D}{Q} + \frac{C_3Q}{2}$$

Para la organización, el costo unitario de los galones de solvente reciclado no es significativo, por lo que se descarta.

$$C_T = \frac{Q418,74 * 1\ 650 \text{ gal}}{26,96 \text{ gal}} + \frac{Q1\ 900 * 26,96 \text{ gal}}{2}$$

$$C_T = Q25\ 627,63 + Q25\ 612$$

$$C_T = Q51\ 239,63$$

El costo total de la producción mediante la nueva metodología del modelo de producción sin déficit implementado es de Q51 239,63 al mes, es decir que cada día de producción de solvente reciclado le cuesta a la organización la cantidad de Q1 709,78.

En comparación a los costos estimados de Q16 000 diarios por 10 días producción que le costaba a la organización antes de la mejora del sistema o su equivalente a Q160 000 se logró obtener un ahorro estimado de Q108 760,37 por tanda de producción al mes.

#### **4.5.3. Deposición de desechos**

A partir de las distintas acciones tomadas descritas en el capítulo anterior para el adecuado control, manejo y descarte de los desechos de las distintas operaciones se hacen los siguientes cálculos para determinar cuantitativamente la efectividad de estas, tanto para desechos sólidos como líquidos.

Por la calendarización de actividades y por fines de esta investigación, el cálculo de la deposición de desechos se trabajó bajo el supuesto de que el proceso ya estandarizado obtendrá resultados con desviaciones no significativas durante cada corrida de producción de destilado de solvente.

Primero se hizo el cálculo del total de desechos obtenidos en cantidad y en porcentaje representativo de la muestra, para que con esa base se pudiera luego calcular la cantidad de desechos sólidos y líquidos reutilizables y depuestos, según fuera el caso.

Para el cálculo de los desechos totales se utilizó la fórmula descrita a continuación y se obtuvo el siguiente resultado:

$$\text{Cantidad de desechos} = \frac{\text{Desechos} + \text{capacidad no aprovechada (galones)}}{\text{Solvente sucio utilizado (galones)}}$$

$$\text{Cantidad de desechos} = \frac{5 \text{ kg} + 0 \text{ gal}(800 \text{ kg}/\text{m}^3 * \frac{1}{264} \text{ m}^3/\text{gal})}{55 \text{ gal}(800 \text{ kg}/\text{m}^3 * \frac{1}{264} \text{ m}^3/\text{gal})}$$

$$\text{Cantidad de desechos} = \frac{5 \text{ kg}}{166,66 \text{ kg}}$$

$$\text{Cantidad de desechos} = 0,03$$

Se obtiene que 5 kg obtenidos de desecho luego de la operación de destilado de solvente representando el 3% del total de la masa del solvente sucio utilizado.

#### 4.5.3.1. Sólidos

La deposición final de los desechos sólidos fue medida por un indicador que expresa la cantidad de subproductos inutilizables sólidos que hayan podido ser manejados adecuadamente como desechos y ya no forman parte de la cadena de suministros de la producción.

$$\text{Desechos sólidos} = \frac{\text{Desechos sólidos (Kg)}}{\text{Desechos totales (Kg)}}$$

$$\text{Desechos sólidos} = \frac{4.45 \text{ Kg}}{5 \text{ Kg}}$$

$$\text{Desechos sólidos} = 0,89$$



Se obtiene como resultado que del total de desechos de la operación de destilado un 89% son desechos sólidos. Así mismo se logró establecer mediante las pruebas de identificación de los componentes de los residuos que los desechos sólidos no cumplen con las características necesarias para poder ser reutilizados en otro tipo de actividades industriales por lo que se procede a la contratación de un servicio de incineración de desechos industriales y de esa forma evitar tirar a la basura los desechos de la operación.

#### **4.5.3.2. Líquidos**

La deposición final de los desechos líquidos será medida por un indicador que exprese la cantidad de subproductos inutilizables líquidos que hayan podido ser manejados adecuadamente como desechos y ya no forman parte de la cadena de suministros de la producción.

$$\text{Desechos líquidos} = \frac{\text{Desechos líquidos (Kg)}}{\text{Desechos totales (Kg)}}$$

$$\text{Desechos líquidos} = \frac{0,55 \text{ Kg}}{5 \text{ Kg}}$$

$$\text{Desechos líquidos} = 0,11$$

Se obtiene como resultado que del total de desechos de la operación de destilado un 11% son desechos líquidos. De igual forma, se logró establecer que el volumen por los 0,55 Kg era aproximadamente de 550 ml, por lo que se estima que tiene una densidad equivalente a 1 g/ml y se infiere que se trata de agua arrastrada desde el proceso de producción de pintura.

#### **4.6. Análisis de productividad de proceso mejorado**

En el primer periodo de ejecución, se obtuvo un promedio en el índice de productividad de 2,14Q/galón. Esto quiere decir que por cada galón producido, en función del tiempo, se invirtieron Q.2,14 en promedio. Este resultado será directamente proporcional al tiempo de producción, es decir, que mientras mayor sea el tiempo de producción, el costo por unidad de galón también será mayor.

El resultado de mejor productividad, es decir, cuando el resultado de lo invertido en quetzales por galón producido es el mínimo de la serie, se obtuvo cuando el tiempo de producción se redujo hasta 6,63 horas. Este resultado representa una reducción del 6% en comparación al tiempo de producción original.

Estos resultados fueron posibles de obtener mediante la implementación de cambios sencillos pero efectivos en las tareas de producción que llevaron a la optimización de tiempos de las labores de producción entre 22 y 25 minutos al día.

Este nivel de optimización se logró al establecer en conjunto con el Departamento de Investigación y Desarrollo que estandarizando la operación se tendría una variabilidad de proceso no significativa, por lo que la etapa de verificación de viscosidad y color se eliminó al empoderar a los operadores y haciéndolos sentir dueños de su proceso, convenciéndolos que su trabajo debe ser hecho con la calidad necesaria desde el principio de la jornada. Con esta modificación el tiempo muerto en el que se hacía la verificación es utilizado productivamente y ya no es necesario el tiempo por reproceso, obteniendo así los resultados deseados sin afectar la calidad del producto final.

#### **4.7. Resultados obtenidos**

La búsqueda de obtención de resultados se planteó bajo la expectativa de cumplimiento de los objetivos generales y específicos de la investigación en el período de estudio establecido.

Se determinó que para el cumplimiento de los objetivos, se debía alcanzar ciertos resultados en dos rubros específicos del sistema, por lo que se dividió en dos ramas principales de estudio: resultados operacionales y resultados económicos.

Se había determinado desde el diseño de la propuesta por implementar que para aumentar la eficiencia del proceso de producción de 200 galones de pintura en al menos 5%, como lo indica el objetivo planteado, se debería de optimizar el tiempo de horas/hombre trabajadas hasta alcanzar un total de 6,67 horas trabajadas, manteniendo el nivel de producción de 200 galones.

Aplicando las acciones correctivas necesarias al diseño de los tiempos de producción y estandarizando los procesos se logró optimizar el tiempo efectivo de horas hombre trabajadas en un total de 6,63 horas trabajadas, por lo que el aumento en la eficiencia de trabajo fue de 5,28% en total. No solo se cumplió el objetivo, sino que se superó.

Así mismo, se estableció que teniendo como base los datos obtenidos durante enero de 2014 a junio de 2015 para alcanzar una disminución de 1% en el consumo eléctrico en el proceso de producción de pintura, el costo de este debía alcanzar el consumo mensual igual o menor al 1% de su par en el período dentro del rango de tres meses del segmento estudiado.

La siguiente tabla expresa resultados obtenidos del consumo eléctrico del total del sistema en el período estudiado. Se logra evidenciar que durante los tres meses estudiados hubo en promedio un consumo de 9 741KWh en el total del sistema y aunque la tendencia de consumo es ascendente, la reducción en comparación a los meses base se mantiene por las implementaciones realizadas en los procesos estudiados obteniendo ahorro en el consumo general.

Tabla XIV. **Resultados obtenidos de consumo eléctrico**

<b>Mes</b>	<b>kWh Consumidos</b>
1	9 661
2	9 421
3	10 141

Fuente: elaboración propia.

Así mismo se pretendía obtener los resultados para lograr los objetivos económicos planteados. Se había establecido desde un inicio el objetivo específico de lograr ahorros mensuales de al menos 10% en los costos asociados a energía eléctrica del sistema durante el período de tiempo estudiado.

La siguiente tabla expresa los resultados mensuales del costo de energía eléctrica del sistema obtenidos durante el período de estudio de tres meses.

Se logra evidenciar que durante los tres meses estudiados hubo en promedio un costo mensual por energía eléctrica de Q. 24 158,08 para el total del sistema y aunque la tendencia del costo es ascendente, se logra evidenciar en promedio un ahorro de 14% durante el período de estudio.

Tabla XV. **Resultados de costo mensual de energía eléctrica**

<b>Mes</b>	<b>Total por pagar (Período base)</b>	<b>Total por pagar (Período de estudio)</b>	<b>Diferencia</b>
1	Q. 27 426,19	Q. 23 959,58	Q. 3 466,51
2	Q. 27 923,40	Q. 23 364,46	Q. 4 558,94
3	Q. 29 390,15	Q. 25 150,10	Q. 4 240,05

Fuente: elaboración propia.

#### 4.8. Comparación de datos

A continuación se muestra en dos tablas la comparación de datos entre los resultados esperados y los resultados obtenidos. Esto con el fin de evaluar la efectividad que tuvieron las acciones implementadas en función del cumplimiento de los objetivos planteados para la investigación y determinar su nivel de cumplimiento con un enfoque basado en resultados.

Tabla XVI. **Comparación de consumos eléctricos**

<b>Mes</b>	<b>Esperado (KWh)</b>	<b>Obtenido (KWh)</b>	<b>Diferencia (KWh)</b>
1	9 821	9 661	-160
2	10 058	9 421	-637
3	10 850	10 141	-709

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Comparación de costos mensuales**

<b>Mes</b>	<b>Esperado (Q)</b>	<b>Obtenido (Q)</b>	<b>Diferencia (Q)</b>
1	Q. 24 356,13	Q. 23 959,58	Q. 3 96,55
2	Q. 24 945,40	Q. 23 364,46	Q.1 580,94
3	Q. 26 909,60	Q. 25 150,10	Q.1 759,50

Fuente: elaboración propia.

Únicamente se comparan los resultados esperados con los obtenidos pues los esperados representan el mínimo necesario para alcanzar los objetivos planteados, por lo que con cualquier variación se puede inferir fácilmente si el resultado obtenido cumple o no cumple con los objetivos originales.

En ambos casos, tanto en la comparación de consumos como en la de costos se puede apreciar como los resultados obtenidos superan a los resultados esperados, por lo que se puede inferir que los objetivos planteados igualmente fueron superados.

#### **4.9. Cantidad de ahorro total obtenido**

La cantidad de ahorro total obtenido está dado mediante la siguiente función, en la que se expresa que la diferencia de tiempos entre el proceso inicial y el mejorado multiplicado por el costo de producción por hora será el ahorro obtenido teóricamente por día de producción.

$$\text{Ahorro diario} = (T1 - T_{\text{mejorado}}) * \text{Costo de producción}$$

$$\text{Ahorro diario} = (7h - 6,63h) * Q59.82$$

$$\text{Ahorro diario} = Q22,13$$

Con la optimización del proceso se obtuvo un ahorro teórico de Q. 22,13 por día de producción, lo que significa un aproximado de Q. 664,00 al mes y el equivalente a Q. 7 968, 00 anuales por cada línea de producción, obteniendo así un ahorro en los costos de operaciones dependientes del tiempo del 5,28% anual en comparación al proceso original no optimizado.

#### 4.10. Análisis beneficio-costo

Como parte del análisis para la factibilidad de la implementación de los nuevos sistemas se realizó un análisis beneficio/costo con el objetivo de determinar la factibilidad económica de operación del nuevo sistema.

Para el cálculo se toman los beneficios proyectados para el período de un año, es decir, la cantidad de ahorro total y se dividen entre los costos brutos asociados a la obtención de esos beneficios. Q108 760,37

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n Bi}{\sum_{i=0}^n Ci}$$

$$B/C = \frac{\text{Ahorros costo electricidad} + \text{ahorros nuevo sistema de destilado}}{\text{Costos energía eléctrica} + \text{costos operación}}$$

$$B/C = \frac{Q7\ 968 + (Q108\ 760,37 * 12)}{(Q24\ 158,08 * 12) + Q150\ 746,40}$$

$$B/C = 2.97$$

El cálculo arroja un índice de 2.97, es decir, que por cada quetzal que es invertido por la organización se obtiene un retorno de Q2.97 lo que hace que los sistemas planteados sean rentables y factibles económicamente de ejecutar.

#### 4.11. Verificación de la efectividad del nuevo proceso

La verificación de la efectividad del nuevo proceso se basa en la determinación cualitativa y cuantitativa de que los resultados medidos bajo los nuevos modelos implementados demuestran que se está teniendo un beneficio

hacia el negocio y al ambiente en comparación al proceso original, según los tres pilares fundamentales en los que se basa esta investigación: Reducción de costos, Mejora de eficiencia y Reducción de impacto ambiental.

Se ha logrado determinar que los costos de producción disminuyeron en un 5.28% anual en comparación al proceso original no optimizado. Este dato se traduce en que las acciones tomadas para mitigar las fugas de costos que están directamente en función del tiempo han sido eficaces.

Otro indicador de efectividad del nuevo proceso es el aumento de eficiencia. Se logró aumentar tanto la eficiencia en tiempos de producción, como la eficiencia energética al reducir estos mismos tiempos, obteniendo una mejora del 5.68% en la eficiencia de la mano de obra y un 14% en la eficiencia energética. Estos resultados superan las expectativas planteadas en un inicio, por lo que también se considera que las acciones tomadas han sido eficaces.

El impacto ambiental del proceso es un punto de preocupación importante, pues lo que se pretende es que todas las acciones que se tomen sean de beneficio también hacia el ambiente. Se evidenció que el 100% de los residuos de los procesos es tratado de forma responsable ambientalmente y ya ningún residuo potencialmente peligroso es llevado al vertedero municipal, por lo que se considera que las acciones tomadas para la reducción del impacto ambiental también han sido eficaces.



## **5. MEJORA CONTINUA**

Mejora continua es un concepto de gestión que pretende mediante la identificación de los procesos y el análisis medible la mejora de productos, servicios y procesos de forma sistémica por lo que en este capítulo se tratan las bases para el diseño de un sistema de mejora continua para los procesos estudiados para que mediante la utilización efectiva del Círculo de Deming se logre establecer un modelo de gestión permanente y sistémico.

### **5.1. Plan de mejora continua en base al Círculo de Deming**

Se ha de diseñar un plan de mejora continua de los sistemas basado en el Círculo de Deming, una metodología que describe los cuatro pasos básicos que se deben llevar a cabo de forma sistemática con el fin de lograr un mejoramiento en los procesos, eliminación de fallas, aumento de eficiencia y eficacia, solución de problemas, prevención de riesgos, entre otros.

Es importante tomar en cuenta que se podrá considerar que se ha llegado a una situación real de mejora cuando no simplemente se cumplan los objetivos planteados, sino que se hayan superado por consecuencia de la mejora implementada en el sistema.

El plan de mejora continua sigue los cuatro pasos fundamentales dictados por la metodología del Círculo de Deming, siendo estos: planear, hacer, verificar y actuar. Una vez se termina la etapa final, se deberá volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo. En cada ciclo al menos uno de los objetivos

planteados deberá haber sido superado para que se considere que es sistema tuvo una mejora.

### **5.1.1. Planear**

La fase de Planear del ciclo de mejora continua trata sobre la búsqueda de actividades que sean susceptibles a mejora y a la determinación de los objetivos por alcanzar para estas actividades. La teoría indica que con el tiempo y la experiencia la organización se dará cuenta de que toda actividad es susceptible de mejora, sin excepción.

### **5.1.2. Diagnóstico**

Es fundamental establecer un diagnóstico inicial de la situación que se desea mejorar, así como identificar su objetivo, ya que el objetivo general y los distintos objetivos específicos constituirán la mejora en sí.

Los objetivos planteados deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y estar dentro de un marco de tiempo oportuno. Esto con la finalidad de poder alcanzarlos con una mayor probabilidad y poder medir la relación de los progresos con los objetivos planteados.

Se deben identificar los recursos con los que se cuenta, los métodos por utilizar y el nivel de organización que se necesitará para la implementación. Todo esto es fundamental en la búsqueda de que los siguientes pasos sean exitosos y efectivos.

Finalmente se deben definir los indicadores que permitirán a la organización establecer un punto de partida y medir adecuadamente cada uno

de los objetivos planteados, para así establecer el nivel de cumplimiento de cada uno.

#### **5.1.2.1. Definir responsables**

La definición de responsables se basa en el principio de delegar la responsabilidad de las actividades a personas de la organización con las capacidades adecuadas para el cumplimiento de estas.

Así mismo, se deben definir los tiempos de cumplimiento de las distintas actividades con el objetivo de asegurar la planificación establecida al mismo tiempo de la efectividad de las acciones en búsqueda de la mejora. El cumplimiento a tiempo es una medida de control de las actividades que debe llevarse como método de gestión de tiempos y recursos.

#### **5.1.3. Hacer**

La fase de Hacer del ciclo de mejora continua está dedicada a la ejecución de las actividades detectadas en el diagnóstico de la fase anterior con el fin de implantar la mejora propuesta. Para el caso de esta investigación, en el que intervienen recursos, producción y logística, lo más recomendable es hacer pruebas piloto a pequeña escala antes de generalizar los cambios en toda la planta.

Se le considerará como exitosa a la fase de Hacer cuando todo lo que se está realizando haya sido igual a lo determinado en la fase de Planear, es decir, que se esté ejecutando de acuerdo con la planificación.

### **5.1.3.1. Actividades por realizar**

Las actividades por realizar deberán respetar estrictamente los tiempos planteados al inicio en la fase anterior y apegarse de manera veraz a lo dictado según la fase de planificación.

Cada actividad tendrá a un responsable a cargo de liderarla o de ejecutarla, de cualquier forma estas deberán de ser ejecutadas de tal manera que se busque alcanzar los objetivos planteados y cualquier desviación que sea encontrada en el desarrollo debería de devolver el sistema a la fase de planeación, con el fin de establecer las nuevas bases para la ejecución adecuada.

El llenado de registros es fundamental, pues es la única manera fehaciente de demostrar que una actividad fue realizada conforme a lo que se tenía establecido. Es necesario que todos los registros sean legibles y sean llenados de tal manera que no se permita que sean adulterados de ninguna forma.

Se deberán tomar datos obtenidos en las ejecuciones de las distintas actividades, esto con el fin de establecer con el tiempo un historial de datos y encontrar un rango de variabilidad estándar que servirá de base para el establecimiento de los controles estándar de proceso.

### **5.1.4. Verificar**

En la fase denominada verificar se debe tener un período adecuado de prueba para asegurar que las actividades realizadas están siendo efectivas y

que los objetivos planteados están siendo cumplidos. La organización es la que debe definir cuál será el periodo de prueba adecuado para la verificación.

Se debe establecer una diferencia entre verificar y validar. La primera se refiere a buscar la conformidad de los procesos según lo establecido en el sistema, es decir, que lo ejecutado cumple con lo planeado y sus estándares de gestión. La segunda se refiere a asegurar mediante pruebas objetivas que las acciones ejecutadas en realidad están siendo eficaces, o sea que cumplen con los objetivos, pero no necesariamente es la mejor forma de hacerlo.

#### **5.1.4.1. Auditorías**

Las auditorías son una herramienta clave de información mediante la cual se evalúa eficacia de los sistemas y se verifica si son adecuados al medir la capacidad de estos de cumplir con los requerimientos planteados. Existe la norma ISO19011 que establece una guía para la gestión de programas de auditorías, la planeación, ejecución y las competencias del equipo auditor.

En toda auditoría de sistemas en la que se busque un desempeño eficaz y confiable deberá ser en principio realizada con integridad, honestidad, cuidado profesional, confidencialidad, independencia y, sobre todo, un enfoque basado en evidencia. Este último es el método racional para alcanzar conclusiones confiables y repetibles, a través de procesos sistemáticos de auditoría.

Es clave para una auditoría exitosa el gestionar efectivamente un programa de auditorías. El programa de auditorías, dependiendo de los recursos y la naturaleza del proceso puede incluir una o más. Así mismo, cada auditoría puede tener su propio objetivo o pueden tenerlos en común, según lo que la organización haya planteado y sus propias necesidades.

#### **5.1.4.2. Análisis de resultados**

Los datos obtenidos deben ser obligadamente fuente de toma de decisiones para que no se conviertan en números muertos, porque de ser así, sería un esfuerzo vacío. Esta es la importancia del análisis de resultados, indagar profundamente en los resultados que las distintas actividades tienen, la evolución de estos, comportamiento y tendencias.

Es importante que la organización mantenga registros adecuados de sus actividades, para que con estos datos se puedan obtener resultados con los cuales realizar los análisis que se pretenden.

La organización debe elegir entre las distintas herramientas de análisis de datos que existen, la que le sea más conveniente y se adapte a su realidad y necesidades, para que luego del análisis se puedan tomar las decisiones correctas con una base fundamentada que lleve las actividades de la organización a una verdadera gestión de sistema con enfoque en la mejora continua.

#### **5.1.4.3. Acciones correctivas**

Acciones correctivas son todas las actividades que se llevan a cabo para eliminar las raíces de los problemas. Luego de haber realizado de forma adecuada el análisis de resultados se puede encontrar de forma deductiva la causa de los problemas que afectan directa e indirectamente al desempeño de la organización en sus actividades, sobre todo, en el manejo y gestión de los sistemas implementados.

La organización debe ser capaz de establecer un sistema de acciones correctivas que permita establecer las causas de los problemas y una vez determinadas estas causas, evaluar qué se puede hacer para impedir que los problemas se repitan por la misma causa.

Si un problema llegara a repetirse por la misma causa, las acciones tomadas no fueron eficaces y se estaría creando un estancamiento en la mejora que se pretende alcanzar.

#### **5.1.4.4. Seguimiento**

El seguimiento es toda la gestión previa a la implementación de las acciones correctivas que se efectúa para que la organización se asegure que estas acciones hayan sido eficaces, es decir, que se haya logrado mitigar la causa raíz del problema y este no se repite.

Es importante la retroalimentación que los gestores de los sistemas le puedan dar a los ejecutores directos de las actividades para que la comunicación entre ambas partes permita llevar las acciones en la dirección en la que estas sean eficaces, funcionales y ayuden al cumplimiento de los objetivos planteados y al final de la mejora continua de los sistemas en los que la organización haya decidido enfocarse.

#### **5.1.5. Actuar**

La fase llamada Actuar es con la que se finaliza un ciclo y se da paso para el inicio del siguiente. Esta fase tiene como finalidad ser un complemento directo de la verificación, en la que si los resultados obtenidos son satisfactorios se considerará implementar de forma definitiva la mejora, y si no lo son se

deberá buscar la realización de cambios para mejorar los resultados o decidir si el diseño de la mejora debe ser desechado por completo.

#### **5.1.5.1. Acciones de mejora**

Una acción de mejora es toda actividad o modificación que se haya implementado con la finalidad de optimizar los resultados que la organización tiene originalmente en un proceso o sistema. Por tanto, la organización es responsable de implementar sus propias acciones de mejora según su gestión continua la haya conducido para mejorar sus procesos de forma continua y permanente.

Una acción de mejora solo puede considerada como tal, sí y solo sí logró mejorar los resultados esperados según los objetivos que la organización se había planteado, es decir, que cumplió y superó las expectativas.



## CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de las distintas mejoras presentadas al sistema de producción de pintura y recuperación de solventes se logró mejorar el desempeño económico en 2.97 puntos en la relación de beneficio costo.
2. Se logró un aumento en la eficiencia de 5.28% en el proceso de fabricación de pintura aplicando las acciones correctivas necesarias al diseño de los tiempos de producción y estandarizando los procesos obteniendo un tiempo óptimo de producción de 6.63 horas.
3. Con la optimización del proceso se obtuvo una disminución mayor a 1% en el uso energético de la organización, comparado con el proceso original no optimizado.
4. Con la mejora del proceso se obtuvo un ahorro de 14% en los costos de energética de la organización, según lo apreciado en la comparación entre los datos esperados y obtenidos del consumo eléctrico y el costo mensual.
5. Se estableció un plan de deposición de desperdicios y residuos de destilación responsable en el cual el 100% de los desperdicios de proceso es desechado de forma limpia.



## RECOMENDACIONES

1. Al haberse tomado como base para este trabajo de graduación datos económicos del año 2014, la organización deberá realizar los análisis de comparación entre sus estados de resultados financieros y los resultados teóricos proyectados a largo plazo para obtener una mejor información y así tomar decisiones más acertadas.
2. Con el análisis de datos, la organización podrá establecer un tiempo de estudio y levantamiento de datos más amplio al planteado durante este trabajo de graduación para lograr una mejor comparación entre los datos obtenidos y los deseados.
3. Al tener el inicio de la implementación para un sistema de gestión sostenible, la organización podrá optar por seguir el rumbo en búsqueda de la estandarización de sus procesos y una próxima certificación según sistemas de gestión ISO.
4. La organización no deberá descuidar el control de sus procesos para poder mantener a largo plazo los resultados de forma definitiva.
5. Será fundamental para la organización trabajar en la cultura organizacional para poder seguir teniendo resultados óptimos sostenibles y a largo plazo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BRANDAU, Alan H. *Introducción a la tecnología en recubrimientos*. USA. Federation of societies for coatings technology, 2000.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de trabajo, Ingeniería de métodos y medición*. Segunda edición. México: McGraw Hill, 2005, 240 p. ISBN:970-10-4657
3. GONZÁLEZ MORALES, Narda Soledad. *Control de mermas y desperdicios en almacén de condimentos de industria avícola*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 115p.
4. LLOMBART FUERTES, Manuel. *Medición y análisis de la eficiencia en la gestión de los sistemas sanitarios: aplicación al caso de los hospitales generales con personal facultativo propio*. Trabajo de graduación de Doctorado en Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Valencia, Facultad de Ciencias económicas empresariales. 2004. 175p.
5. LÓPEZ AGUILAR, Marvin Otoniel. *Disminución de desperdicio y su cuantificación en el proceso de elaboración de cartón corrugado en la empresa de Cajas y Empaques, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 115p.

6. PINZÓN PALENCIA, Mario Roberto. *Factibilidad del aprovechamiento del desperdicio de una fábrica de esponja flexible de poliuretano*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 110p.
  
7. RIVERA MONZÓN, Juan Carlos. *Mejoramiento productivo de una fábrica de esponjas de poliuretano, flexibles*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 120p.
  
8. TEJEDA AYALA, Ammalya Cecilia Allexandra. *Medición de productividad en la industria de bebidas no alcohólicas*. Trabajo de graduación de Ing. Empresarial. Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Ciencias Económicas, 1999. 78p.
  
9. VARGAS PÉREZ, Osman Danilo. *Análisis para el uso del ciclopentano como agente expansivo de la espuma de poliuretano en sustitución del refrigerante HCFC 141-B en la industria de refrigeración comercial como protección al medio ambiente*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 77p.

