



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudio de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**DESARROLLO DE ADELGAZADORES (*THINNER*) PARA ESMALTES Y SELLADORES  
DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS**

**Inga. Ingrid Orieta López Zelada**  
Asesorado por MSc. Rocío Mesarina Sagastume

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE ADELGAZADORES (*THINNER*) PARA ESMALTES Y SELLADORES  
DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**INGA. INGREED ORIETA LÓPEZ ZELADA**  
ASESORADO POR LA MSC. ROCÍO MESARINA SAGASTUME

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**MAESTRÍA (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADOR	MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Miguel Agreda Girón
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:

### **DESARROLLO DE ADELGAZADORES (*THINNER*) PARA ESMALTES Y SELLADORES DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudio de Postgrado, con fecha 18 de septiembre 2012.



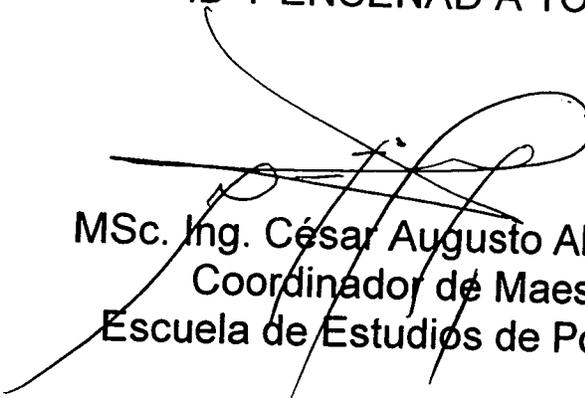
**Ing. Ingrid Orieta López Zelada**



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado  
Teléfono 2418-9142

Como Coordinador de la Maestría en Gestión Industrial, y revisor del trabajo de graduación titulado **“DESARROLLO DE ADELGAZADORES (THINNER) PARA ESMALTES Y SELLADORES DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS”**, presentado por la Ingeniera Química **Ingreed Orieta López Zelada**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, agosto de 2013.



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado  
Teléfono 2418-9142

Como Revisor de la Maestría en Gestión Industrial del trabajo de graduación titulado **“DESARROLLO DE ADELGAZADORES (THINNER) PARA ESMALTES Y SELLADORES DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS”**. Presentado por la Ingeniera Química **Ingreed Orieta López Zelada**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

*“ID Y ENSEÑAD A TODOS”*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mayra Virginia Castillo Montes'.

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, agosto de 2013.

Cc: archivo  
/la



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado  
Teléfono 2418-9142

La Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **“DESARROLLO DE ADELGAZADORES (THINNER) PARA ESMALTES Y SELLADORES DEL MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS”** presentado por la Ingeniera Química **Ingreed Orieta López Zelada**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

*“ID Y ENSEÑAD A TODOS”*

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, agosto de 2013.

Cc: archivo  
/la

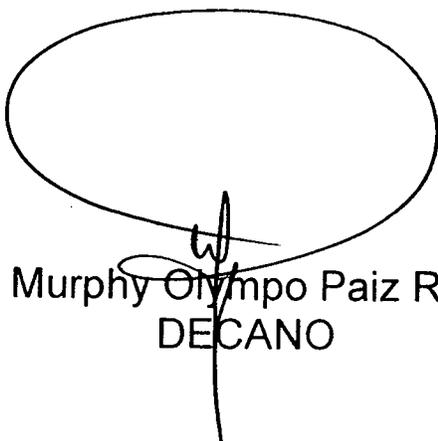


Facultad de Ingeniería  
Decanato  
Teléfono 2418-9142

Ref. APT-2013-005

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 Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría en Gestión Industrial titulado: **“DESARROLLO DE ADELGAZADORES (THINNER) PARA ESMALTES Y SELLADORES DE MERCADO DE GUATEMALA A PARTIR DE SOLVENTES RECUPERADOS”**, presentado por la Ingeniera Química **Ingreed Orieta López Zelada**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, agosto de 2013.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
ANTECEDENTES.....	XIX
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	XXIII
JUSTIFICACIÓN.....	XXV
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	XXVII
OBJETIVOS.....	XXIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Logística.....	1
1.1.1. Compras.....	1
1.1.2. Tipo de transporte.....	3
1.1.3. Aduanas.....	4
1.2. Planeación y control de producción.....	6
1.2.1. Diseño del producto o servicio.....	7
1.2.2. Productividad.....	8
1.2.3. Calidad.....	9
1.2.3.1. Mejora continua.....	10
1.2.3.2. Garantía de la calidad.....	11
1.2.4. Costos.....	27
1.2.5. Solver.....	28

1.2.6.	Solventes.....	29
1.2.6.1.	Principales criterios de elección de un solvente.....	34
1.2.6.2.	Los solventes y sus aplicaciones .....	36
1.2.6.3.	Bases para la formulación de adelgazadores de calidad.....	43
1.3.	Hipótesis.....	48
1.4.	Variables .....	48
2.	MARCO METODOLÓGICO .....	51
2.1.	Enfoque y tipo de investigación.....	51
2.2.	Definición de población y muestra.....	52
2.3.	Análisis estadístico propuesto .....	54
2.4.	Técnicas de recolección de datos .....	54
2.5.	Validación.....	55
2.6.	Fuentes de información .....	55
3.	RECURSOS NECESARIOS .....	57
4.	RESULTADOS.....	59
4.1.	Desarrollo de un <i>thinner</i> a partir de solventes recuperados .....	59
4.1.1.	Composición de solventes recuperados.....	59
4.1.2.	Minimización de costos .....	63
4.1.3.	Garantía de la calidad .....	77
5.	DISCUSIÓN.....	85
5.1.	Desarrollo de un <i>thinner</i> a partir de solventes recuperados .....	85
5.1.1.	Composición de solventes recuperados.....	85
5.1.2.	Minimización de costos .....	89

5.1.3. Garantía de la calidad.....	90
CONCLUSIONES .....	93
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	105



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Resultado cromatograma muestra Xitol (ECOPAR).....	60
2.	Solventes recuperados vs. humedad.....	87

## TABLAS

I.	Empresas recuperadoras de solventes usados .....	XX
II.	Medidas para asegurar la calidad .....	14
III.	Solventes comerciales y sus respectivas normas .....	16
IV.	Especificaciones de solventes puros para elaboración de <i>thinner</i> ...	25
V.	Especificaciones de <i>thinner</i> en Guatemala .....	25
VI.	Esmaltes y selladores en Guatemala.....	43
VII.	Resultados muestras de Industria Ampex Chemical.....	61
VIII.	Análisis de humedad y densidad .....	62
IX.	Costo de solventes puros, año julio/2011 – julio/2012 .....	63
X.	Precio sin IVA de solventes recuperados.....	64
XI.	Resultado solver, recuperado HB8 .....	66
XII.	Resultado solver, recuperado NAHUIZALCO .....	67
XIII.	Resultado solver, recuperado HE3 .....	68
XIV.	Resultado solver, recuperado MOXIT .....	69
XV.	Resultado solver, recuperado XIBU .....	70
XVI.	Resultado solver, recuperado XILAC.....	71
XVII.	Resultado solver, recuperado HA .....	72
XVIII.	Resultado solver, recuperado TNP .....	73

XIX.	Resultado solver, recuperado MM .....	74
XX.	Resultado solver, recuperado TOLM .....	75
XXI.	Resultado solver, recuperado XITOL.....	76
XXII.	Resultado de análisis desarrollo de <i>thinner</i> .....	77
XXIII.	Resultado de funcionalidad del <i>thinner</i> con esmaltes.....	78
XXIV.	Resultado de funcionalidad del <i>thinner</i> con selladores.....	81
XXV.	Resultado de solventes recuperado sustituto de solvente puro.....	89

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>B</b>	Buena formación de película
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b>e</b>	Error de estimación
<b>gal</b>	Galón
<b>IPA</b>	Isopropanol
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Litro
<b>Z</b>	Margen de confiabilidad
<b><i>m</i></b>	Masa
<b>MIBK</b>	Metil isobutil cetona
<b>m</b>	Metro
<b>mg</b>	Miligramo
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mm Hg</b>	Milímetros de mercurio
<b><i>n</i></b>	Muestra
<b>M</b>	Pobre formación de película
<b>N</b>	Población
<b>p</b>	Probabilidad de valor
<b>q</b>	Probabilidad en contra
<b>R+</b>	Presenta algunos puntos de alfiler
<b>R-</b>	Presenta separación de pigmentos
<b>V</b>	Velocidad.



## GLOSARIO

### **Adelgazador**

El diluyente (*thinner* en inglés), es una Mezcla de solventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo diseñado para disolver, diluir, adelgazar o bajar la viscosidad de sustancias insolubles en agua, como aceites, pinturas y grasas.

### **Aduana**

Es un servicio público de constitución fiscal situada en puntos estratégicos, por lo general en costas y fronteras. Encargada del control de operaciones de comercio exterior, con el objetivo de registrar el tráfico internacional de mercancías que se importan y exportan desde un país concreto, y cobrar los impuestos que establezcan.

### **Butyl Cellosolve**

Es un líquido incoloro miscible con agua y la mayoría de los solventes orgánicos. Es muy usado como solvente en fórmulas de recubrimientos, como intermediario químico en la manufactura de esteres, y como agente coalescente para estabilizar ingredientes inmiscibles en limpiadores de metal, lubricantes textiles, aceites cortantes y líquidos para el cuidado del hogar.

<b>Calidad</b>	Se refiere al conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.
<b>Columna DB-WAX</b>	Es una columna especial para la separación de disolventes, alcoholes y glicoles.
<b>Devolución</b>	Reembolso, entrega de la cantidad que se pagó por un objeto, de un vale o de otro objeto por parte de un comprador insatisfecho.
<b>Detector TCD</b>	Detector de Conductividad Térmica. Mide la conductividad térmica del gas portador, ocasionada por la presencia de sustancias eluídas. Es un dispositivo para evaluar la presencia de las sustancias eluídas a la salida de la columna cromatográfica. En cromatografía un detector funciona comparando una propiedad física entre el gas portador puro y el mismo gas portador llevando cada uno de los componentes que previamente se han separado en la columna, esta acción se traduce en una señal tipo eléctrica, que posteriormente se amplificará mediante un registrador gráfico o integrador permitiendo indicar el momento que salen de la columna los componentes.

<b>Etanol</b>	Conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable, utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas, perfumes, e la industria química y como combustible.
<b>Expedidor</b>	Persona que despacha o extiende documentos, en aduanas.
<b>Garantía de calidad</b>	Es un concepto que abarca todos los aspectos que individualmente o colectivamente influyen en la calidad del producto.
<b>Hexano</b>	Es un hidrocarburo alifático utilizado como disolvente para algunas pinturas y procesos químicos.
<b>Mejora continua</b>	Herramienta de incremento de productividad que favorece un crecimiento estable y constante en todos los segmentos de un proceso.

**Metanol**

También conocido como alcohol metílico o alcohol de madera, es el alcohol más sencillo. Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehído. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, combustible de estufas de acampada, solvente de tintas, tintes, resinas, adhesivos, biocombustibles y aspartame.

**MIBK**

Metil Isobutil Cetona, es un compuesto químico orgánico de la familia de las cetonas utilizado como base disolvente en diversas aplicaciones y como intermediario de síntesis del peróxido de metil etil cetona. Está catalogado como precursor químico.

**Solver**

Herramienta utilizada de Microsoft Excel, que permite encontrar el nivel óptimo o mínimo de una celda objetivo.

**N-Propanol**

Familia de los alcoholes, utilizados para la elaboración de mezcla de solventes para la dilución de tintas y pinturas.

**Plan maestro**

Son las actividades a seguir de forma ordenada y concisa, para alcanzar el objetivo.

<b>Productividad</b>	Rendimiento del proceso económico medido en unidades físicas o monetarias, por relación entre factores empleados y productos obtenidos.
<b>Restricción</b>	Es la limitación que influencia el plan de proyecto.
<b>Tolueno</b>	Es un solvente que se utiliza como materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno, el ácido benzoico, el fenol, la sacarina, el diisocianato de tolueno (TDI), materia prima para la elaboración de poliuretano, medicamentos, colorantes, perfumes, TNT y detergentes.
<b>Xileno</b>	Es un buen disolvente y se usa como tal. Forma parte de muchas formulaciones de combustibles de gasolina donde destacan por su elevado índice octano.



## RESUMEN

El desarrollo de una mezcla de adelgazadores (*thinner*) para esmaltes y selladores del mercado de Guatemala a partir de solventes recuperados, se llevó a cabo debido al incremento en el precio de solventes puros. La obtención de los mismos, hace que el precio sea cambiante cada semana y a su vez algunos son escasos durante el año.

Se obtuvieron muestras de solventes recuperados, de los cuales se analizó su composición con la finalidad de conocer si el solvente recuperado se puede utilizar directamente como *thinner* (adelgazador) para esmaltes y selladores. Al obtener el análisis se desarrolló el *thinner* a partir de una combinación de solventes recuperados y solventes puros, en donde se evaluó el decremento del costo que tiene el *thinner*, obteniendo un producto que cumple las especificaciones requeridas por el mercado de Guatemala, según procedimientos establecidos en Solventes S.A.

Con la investigación se desarrolló un *thinner* para esmaltes y selladores a partir de solventes recuperados, el cual generó una disminución en el costo del 17.66%, dando como resultado una alternativa de solventes puros.



## INTRODUCCIÓN

En el mercado competitivo del siglo XXI, las empresas han visto la necesidad de mejorar su participación, expandiéndose a nuevas fronteras o bien ocupando nuevos segmentos de mercado. La fabricación de muchos productos para distintas áreas de proceso (farmacéuticas, productos de limpieza, fabricantes de pinturas, etc.), utilizan como materia prima y producto terminado diferentes tipos de solventes (Garbelotto, 2008).

Debido a la extracción de los solventes a partir del petróleo, estos tienden a cambiar de precio afectando así a los costos de proceso en las industrias (químicas, farmacéuticas, alimenticias, etc.). Uno de los productos utilizados a nivel industrial es el *thinner* o mezcla de solventes, la cual se ve afectada por el cambio de precios de los solventes puros con los que se realiza (Torijano, E., 2012).

Con el fin de ayudar al medio ambiente y de mejorar los costos de producción de las mezclas se recolectaron solventes recuperados de cinco empresas ubicadas en México y Chile, que se dedican al reciclado y destilación de solventes que han sido utilizados durante un proceso en la industria, la cual la recolectan para darle uso como solvente para limpieza de maquinaria.

El principal propósito del proyecto es de desarrollar una mezcla de solventes la cual se pueda utilizar en el adelgazamiento de esmaltes y selladores que se comercializan en el mercado de Guatemala, la cual se realizó a partir de los solventes recuperados. Atendiendo a la mejora del costo que

con lleva el utilizar solventes recuperados, sustituyendo así a los solventes puros en un máximo del 50% y ayudando al medio ambiente con la reutilización de los mismos.

## ANTECEDENTES

Los solventes se extraen a partir de la destilación del petróleo y de productos orgánicos. A partir del nacimiento de los recubrimientos sintéticos, surgió la necesidad de utilizar un disolvente diferente al agua, originando la demanda de solventes para ser utilizados en el proceso de recubrimientos.

Desde 1920 surgen mezclas de solventes utilizadas en los recubrimientos sintéticos, con el fin de diluir los recubrimientos antes de ser aplicados, para obtener el producto final (Garbelotto, 2008).

Al utilizar los solventes puros o mezclas de solventes en diferentes procesos como limpieza de maquinaria, en farmacéutica, imprenta, pinturas entre otras, con el fin de obtener productos terminados, surgen residuos que contienen solventes. Los residuos de solvente actualmente utilizados en las empresas recuperadoras para su procesamiento provienen principalmente de la industria de pintura y productos afines. Esto se observa en los anuarios estadísticos de diferentes petroleras (PEMEX, NACIONAL IRANIAN OIL, SAUDI ARANCO), en donde las industrias con mayor compra de solventes es la de pinturas (Armenta, 2008).

Según ventas durante los años del 2010 – 2012, los principales compradores de solventes de metanol, xileno, tolueno y otros en Guatemala, son las industrias de pinturas (Diario de ventas Solventes S.A., 2010-2012).

Debido a la importancia de desarrollar un *thinner* de bajo costo, se debe tomar en cuenta productos que pueden sustituir los solventes puros, del cual se

elabora el *thinner*. El alza de los desechos químicos cada día es más importante por el uso o mal uso de los productos químicos, en la obtención de un determinado producto. Y han surgido empresas que se dedican al reciclaje de desechos. Las empresas recuperadoras de solvente para re uso como solvente de limpieza y para uso como combustible se encuentran en México, Chile y otros países (Quiminet, 2011).

En la tabla I se nombran algunas de las empresas recicladoras de solventes.

Tabla I. **Empresas recuperadoras de solventes usados**

Recuperación de solvente para re uso como solvente
<b>QUÍMICA ECOPAR LTDA.</b> Eucaliptus, Parcela 110 San Antonio
<b>RECICLAJES ECOTRANS LTDA.</b> Camino Santa Margarita 0601. Galpón 41 San Bernardo. Santiago
<b>SOCIETY RECYCLING INSTRUMENTS LTDA.</b> Cerro Santa Lucia 9981. Galpón C Quilicura, Santiago
<b>QUÍMICA WIMER</b> Alonso de Villaseca 209 México D.F.
<b>AMPEX CHEMICAL</b> México D.F.
<b>BRAVO ENERGY CHILE S.A.</b> Av. Las Industrias 12600 Maipú, Santiago
<b>ALTERNOS Y RECICLADOS PAVETECH</b> Puesrto Escondido Col. Valle de Reyes Oaxaca, México.

Fuente: elaboración propia.

En el 2004, la empresa Transmerquim brindaba el servicio de recuperación de solventes por destilación en Guatemala. Este servicio lo prestaban a los clientes que les compraban solventes como materia prima, y cobraban únicamente los costos de transporte y operación. Teniendo una capacidad máxima de 240 galones al día y utilizaban un 50% como consumo interno (PROARCA, 2004).

A principios del siglo XXI, Guatemala no cuenta con empresas recuperadoras de solventes usados. En el caso específico de los residuos líquido peligrosos industriales, existe muy poca información y se desconoce algún sistema de confinado de disposición final. Existe legislación específica para la disposición final de estos residuos, los cuales se pueden encontrar como mezclas de residuos peligrosos y no peligrosos y se depositan en vertederos municipales. Sin embargo, el Ministerio de Salud, está trabajando en el tema de transporte de sustancias peligrosas y se cuenta con el Ministerio de Ambiente quien regula las normativas (Unitar, 2009).



## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Por el alza del precio del petróleo todos los productos derivados del mismo se han visto con un abastecimiento muy limitado, se pretende reutilizar los solventes desechados como materia prima para su regeneración, de donde se deriva la pregunta de investigación: **¿Qué tipo de adelgazadores para el uso en esmaltes y selladores se pueden obtener a partir de solventes recuperados?**

Las preguntas de investigación que también se plantean son:

- ¿Qué solvente recuperado puede ser utilizado como solvente puro, de acuerdo a la composición de las 25 muestras, en el desarrollo de *thinner* para esmaltes y selladores del mercado de Guatemala?
- ¿Cómo mejora el costo del *thinner* (adelgazador) desarrollado a partir de solventes recuperados?
- ¿Qué parámetros de calidad debe cumplir el *thinner* desarrollado para la obtención de un producto a partir de solventes recuperados?



## JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente trabajo está enfocado a toda aquella empresa productora de *thinner*, la cual como tal, sufre del alza de los precios de los solventes puros. El desarrollo de un *thinner* a partir de solventes recuperados, contribuirá a una mejora o análisis del método actual con el que se realiza. La elaboración del *thinner* ha tenido modificaciones de acuerdo a leyes que se han impuesto en Guatemala, por los peligros que causan en los seres humanos los solventes.

El Ministerio de Salud de Guatemala lanzó en el 2011 el Acuerdo 556, en donde menciona que en las mezclas de solventes se puede utilizar como máximo un 5% de metanol (solvente puro). El metanol es el solvente con más bajo costo en el mercado, el cual regula el costo del *thinner* como producto final. La importancia del estudio reside en obtener la composición de los solventes recuperados y a partir de esto se desarrolló un *thinner* para el tipo de esmaltes y recubrimientos del mercado de Guatemala. Generando una mejora en el costo de materia prima, así como también reduciendo los desechos provenientes de empresas que utilizan solventes. Beneficiando tanto al medio ambiente como a las empresas fabricantes de adelgazadores.



## DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En este trabajo de graduación se estudia la composición de solventes recuperados obtenidos de la destilación de mezclas de solventes contaminados. Con el cual se desarrolló un *thinner* (adelgazador) para esmaltes y selladores.

Sin embargo, el presente trabajo cubre solamente la elaboración de *thinner* y su aplicación en esmaltes y selladores que se encuentran en el mercado de la capital guatemalteca. Su realización se lleva a cabo en el Laboratorio de Calidad de la Empresa de Solventes de Guatemala, S.A., en donde se analizaron los componentes de los solventes recuperados, minimizando el costo y determinando con ello la calidad del mismo. Garantizando la calidad de el *thinner* mediante el análisis de pureza, densidad, rango de destilación, olor, miscibilidad en agua, contenido de humedad y funcionalidad, mediante el equipo que se encuentra en el laboratorio antes mencionado, según las Normas ASTM en procedimientos establecidos por Solventes de Guatemala S.A..

La realización de un estudio de los *thinner* del mercado Guatemalteco, es necesario para determinar las especificaciones que debe de cumplir el *thinner* a desarrollar el cual fue realizado en el año 2010-2011 por el Laboratorio de Calidad de Solventes de Guatemala (Solventes S.A., 2010-2011).



## OBJETIVOS

### Generales

Desarrollar un adelgazador (*thinner*) para esmaltes y selladores del mercado de Guatemala a partir de solventes recuperados.

### Específicos

1. Determinar el solvente recuperado que puede ser utilizado como solvente puro, de acuerdo a la composición de las 25 muestras, en el desarrollo de *thinner* para esmaltes del mercado de Guatemala.
2. Proporcionar una opción de menor costo al mercado en la elaboración de *thinner* a partir de solventes reciclados (recuperado).
3. Garantizar la calidad del *thinner* (adelgazador) desarrollado a partir de solventes recuperados en la dilución de esmaltes y selladores de Guatemala.



# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Logística**

Según Casanovase (2003) define logística como la coordinación y planificación de diferentes actividades, con el objetivo de que el producto llegue a su usuario final en el tiempo, forma adecuada y al menor costo y efectividad posible.

Entre las actividades logísticas fundamentales del proceso se pueden mencionar, almacenamiento, manejo de mercancías, compras, empaquetamiento, proceso de pedidos, inventarios, transporte, planificación de productos, gestión de información (Navasaues, 2001).

El objetivo de la logística es “responder a la demanda, obteniendo un óptimo nivel de servicio al menor costo posible” (James Heskett).

### **1.1.1. Compras**

Comprar es una función que tiene como objetivo adquirir bienes y servicios que la empresa necesita del exterior, garantizando el abastecimiento de las cantidades requeridas en el momento preciso y en las mejores condiciones posibles de calidad y precio (Mauleón, 2012).

La función de compras inicia cuando un bien o servicio es buscado en el exterior de la empresa y finaliza cuando los derechos y obligaciones

establecidos con el proveedor del bien o servicio son satisfechos (Mauleon, 2012).

Se distinguen diferentes fases en el proceso (Lony, 2008):

- Operaciones previas.  
Conocimiento de las necesidades, determinación de las condiciones en que se deben satisfacer esas necesidades.
- Preparación.  
Investigación del mercado, preselección de los posibles proveedores.
- Realización.  
Análisis y comparación de ofertas, negociación con los ofertantes, elección del proveedor, confección del pedido.
- Seguimiento.  
Vigilancia y reclamación de las entregas, control cuantitativo y cualitativo de los productos recibidos, conformación de las facturas, eventual devolución de productos no conformes.
- Operaciones derivadas.  
Gestión de stocks de los materiales y productos adquiridos.

Esta secuencia presentan responsabilidad como (Lony, 2008):

- Administrativa.  
Esta parte organiza las operaciones y procedimientos necesarios para que las operaciones de compra y la gestión se ejecuten con eficacia.
- Técnica.  
Se refiere al conocimiento de las características de los productos a comprar, para la selección correcta de los proveedores.
- Comercial.

Es el contacto comercial con los proveedores, tanto actuales como potenciales. Requiere investigar sobre nuevas fuentes de abastecimiento y mejorar las negociaciones externas.

- Financiera.  
Busca el comprar sin necesidad de incurrir a capitales externos.
- Económica.  
Trata de minimizar los costos que inciden en la operación, para que no se vea afectado en precio de los productos y así generar beneficios a la empresa.

### **1.1.2. Tipo de Transportes**

Los tipos de transporte más frecuentes suelen clasificarse a las siguientes características (Casanovas, 2003):

- Medios

Los cuatro medios básicos de transporte son el ferrocarril, carretera, marítimo y aéreo. La búsqueda de minimizar los costos hace que interactúen estos medios, apareciendo servicios mixtos. De todas las combinaciones posibles de servicios, no todas están disponibles o, si lo están, no tienen gran aceptación. Los más ampliamente utilizados con los servicios camión-tren y camión-barco y a nivel muy inferior, las combinaciones tren-barco y camión-avión (Cos, 2001).

- Propiedad de los medios

Las características son, transporte propio, el propietario en la empresa y dispone de una limitante en su flota. El transporte contratado, puede ser a empresas en donde no se tendrá una inversión sobre los medios de transporte y un menor control de la actividad. De otra manera puede ser autónomo, teniendo así un mayor control de la operación. Y característicamente pueden ser mixtos, reducción parcial del personal y una menor inversión.

Criterios para la selección del tipo de Transporte

Se deben de considerar varios parámetros (Casanova, 2003):

- Costos, tarifas, costo total, relación costo/servicio.
- Comercial, nivel de servicio, rapidez, fiabilidad, experiencia, seguridad, organización, seguimiento, tratamiento de reclamos, disponibilidad del servicio, fechas y horarios.
- Tráficos, distancias a recorrer, volumen y tonelaje, regularidad del tráfico, naturaleza de las cargas, infraestructura, plazos de entrega.

### **1.1.3. Aduanas**

La Aduana es la dependencia administrativa del Servicio Aduanero, responsable de las funciones asignadas por éste, incluyendo la coordinación de la actividad aduanera con otras autoridades gubernamentales o entidades privadas ligadas al ámbito de su competencia que ejerzan un control o desarrollen actividades en la zona aduanera asignada (Artículo 121).

Para la realización de exportaciones, el exportador puede usar un expedidor en embarques, quien entrega la carga a un transportista. El expeditar no es lo mismo que agente aduanal en el aspecto de que su trabajo no es ayudar al exportador en el cumplimiento de las regulaciones (Barahona et al, 2006).

La declaración de exportación es para notificar al gobierno que se está exportando. Su propósito es controlar las exportaciones de algunos productos de consumo (Barahona et al, 2006).

La factura es también un documento importante al momento de la exportación, ya que contiene los datos sobre el vendedor, el comprador y detalle de los bienes que se están intercambiando (Guevara et al, 2006).

En las importaciones, por otro lado, los documentos (factura, permisos, póliza) deben llegar antes que la carga, excepto en la carga aérea. Se realizan inspecciones de la mercadería al momento de llegar a frontera o puerto. Puede ser requerido por el importador el certificado de inspección, certificado de peso, certificado de análisis, entre otros (Cabello, 2009).

Cuando el importador es notificado que la carga ha llegado, se envía un camión a puerto para que lo recoja. Este debe de llevar al cliente importador los documentos como el conocimiento de embarque y el manifiesto de carga.

El conocimiento de embarque su propósito es un contrato entre el que manda la carga y el transportista, se evidencia a quien pertenece la carga, y es un recibo dado por el transportista al consignatario, como comprobante de que recibió los bienes. Una parte clave de este documento es la descripción de la carga. Ya que se debe mencionar exactamente qué es la carga y en qué

condiciones está, para no tener problemas si el producto llega a su destino final con daños o cambios del producto (Cabello, 2009).

El manifiesto de carga actúa como recibo de carga y como contrato de transporte. Se utiliza para la agilización del trámite en aduanas (Barahona, 2006).

## **1.2. Planeación y control de producción**

La planeación y el control de la producción consisten en la planeación de las rutas, programación, la generación de las órdenes de producción, la coordinación de la inspección, el control de los materiales, las herramientas y los tiempos de las operaciones (Olavarrieta, 1999).

Se debe realizar un plan maestro de producción para cada producto, en donde se determina la cantidad a fabricarse en un determinado período (anual, mensual, semanal). El siguiente paso es realizar un plan detallado, este se enfoca a corto plazo, y se tiene el detalle de lo que se va a producir en las próximas semanas; a partir de él se elaboran las órdenes de producción y los vales de almacén que servirán para dar salida a la materia prima de almacén y ser incorporados a la producción (Perez, 2000).

Una vez realizado el plan detallado, se debe dar seguimiento al plan de producción para verificar que se haya realizado lo que estaba planeado. Para esto se llevan reportes de lo producido y de los incumplimientos (Perez, 2000).

### **1.2.1. Diseño del producto o servicio**

Los factores que involucran el diseño del producto o servicio pueden ser los gustos del consumidor, los materiales, el proceso, la maquinaria, el ambiente de trabajo, entre otros (García, 2010).

El diseño de un bien o servicio es la solución a satisfacer las necesidades del consumidor y se enfoca en dos puntos (García, 2010):

- Funcional: satisfacer necesidades del cliente
- Producción: mínimo costo, tecnología, materiales, recurso humano, etc.

Las fases que se deben tener en cuenta para la gestión del diseño de bienes y servicios son (York, 1994):

Investigación básica: soporte metodológico y ordenado descubre la relación con otras ramas para lograr resultados y llegar a los mercados.

Descubrimiento: se basa en la investigación, los resultados de la misma se emplean para demostrar la aplicación o el uso en situaciones reales.

Invencción: es la generación de ideas, realizarlas y llevarlas a la práctica. Donde lo más importante es volverlo útil y colocarlo en el mercado.

Innovación: según Drucker (1985) menciona que innovar es:

“concebir y realizar algo nuevo, todavía desconocido e inexistente, para establecer relaciones económicas nuevas entre elementos viejos conocidos y los existentes y dar así, una dimensión económica nueva.”

La innovación forma parte del desarrollo de proyectos que mejoren las condiciones ambientales y a disminuir el impacto que ocasionan los productos con materias primas e insumos que no se degradan fácilmente (Rodríguez, 1999).

Cuando se diseña un producto o servicio, se inicia con la investigación y creatividad para lograr las características que el consumidor exige como calidad, costo, función, presentación y cantidad (Bello, 2000).

### **1.2.2. Productividad**

El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad es aumentando su productividad (Business Solutions Consulting). Se puede definir la productividad como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. También se puede definir como una medida de la eficiencia económica que resulta de la capacidad para utilizar inteligentemente los recursos disponibles (Rodríguez, 1999).

Se presentan cuatro criterios que permiten dar mayor precisión al término de productividad (Rodríguez 1999):

- Incorporar la eficacia, en otras palabras el logro de los objetivos organizacionales, cabe recordar que la efectividad es la suma de la eficiencia y la eficacia, lo cual se obtiene cuando se logran los objetivos deseados haciendo bien las cosas.
- Asegurar que la productividad tenga efectos positivos en el cliente, realizando una mejora en la calidad, que no solo satisfaga las necesidades sino que supere las expectativas.

- La alta productividad fomenta el desarrollo de los trabajadores, atendiendo la calidad de vida en el trabajo.
- La responsabilidad social de la empresa, respeto a la ecología, las prácticas éticas en los negocios y la contribución económica a la sociedad.

Una empresa con alta productividad es aquella que logra ganar dinero hoy y mañana, siempre y cuando las acciones con las cuales gana dinero la dignifiquen en relación con los valores humanos que la inspiran y con la responsabilidad social que la da un papel y sentido en la comunidad (Rodríguez, 1999).

### **1.2.3. Calidad**

Deming (1986) define:

“Nadie parece entender, con excepción de los japoneses, que cuando se mejora la calidad se eleva la productividad. Estas dos van de la mano. La mejor forma de llegar a la productividad es a través de la calidad y la calidad mejora todo”.

De acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 9000, el término calidad es el grado en que un grupo de características cumple con ciertos requisitos (necesidades o expectativas), satisfaciendo al cliente.

Cuando se diseñan los productos o servicios tienen asignada una serie de funciones o características que hace que cubra la necesidad de los clientes. Estas características son de tipo técnico, apariencia, belleza, peso, estilo, dimensiones, durabilidad, honestidad, cortesía, rapidez, competencia, entre otros (Armendáris, 2010).

### **1.2.3.1. Mejora continua**

El objetivo de una cultura de mejora continua, es apoyar un viaje continuo hacia el logro de la visión organizacional mediante el uso de retroalimentación de desempeño. Existen dos componentes principales para el logro de la mejora continua: el monitoreo y el ajuste (Lopez, 2007).

El monitoreo se realiza mediante marcos de trabajos evaluativos los cuales deben de tener características como, alinear todos los resultados clave a varios niveles organizacionales en donde se pretende ayudar a la organización al logro de la visión, asegurándose de hacer una hipótesis y probarla para alcanzar la meta. Debe brindar enlace entre las intervenciones o iniciativas y los indicadores que impactarán, con esto se refiere a evidenciar la efectividad de las soluciones implementadas. Debe ser activo y dinámico, aquí los indicadores reales pueden cambiar a medida que se van cumpliendo los objetivos, y otros nuevos son derivados, estas soluciones pueden resolver viejos problemas y también con ello nuevos desafíos (Perez, 1994).

Otra de las características es accesible por todos aquellos que tomen decisiones, el propósito de la evaluación es el de recopilar e interpretar datos, y todos deben tener acceso a esta evaluación para la toma de decisiones a tiempo acerca de cómo mejorar tanto individual como organizacional. Y por último tener retroalimentación y comunicación, los datos obtenidos no solo deben de ser accesibles para todos, sino que claramente entendidos por todos, por lo que el progreso, las metas alcanzadas y no alcanzadas, los planes de acción para lograr las metas deseadas, etc., deben ser comunicados consistentemente y exactamente a la organización (Perez, 1994).

Mientras que el ajuste de desempeño brinda una retroalimentación consistente y a tiempo, sobre los cambios que son requeridos para beneficiar a la organización, sus clientes y sus empleados (López, 2007).

### **1.2.3.2. Garantía de calidad**

Sea cual sea la definición que se tenga en cuenta, un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades del cliente o usuario en cuanto a seguridad (que el producto o servicio confiere al cliente), fiabilidad (capacidad que tiene el producto o servicio para cumplir las funciones especificadas sin fallo y por un período determinado de tiempo) y servicio (medida en que el fabricante y distribuidor responden en caso de fallo del producto o servicio) (Sanz, 2010).

El laboratorio de análisis o de control constituye la base para la aceptación de las materias primas, para la adopción de decisiones sobre el proceso de fabricación y la distribución del producto obtenido. Constituyen el medio de mejorar la uniformidad del producto, determinando como las variables del proceso afectan a los métodos operativos. El producto propuesto se valora en el laboratorio de investigación, basándose en sus propiedades químicas y físicas, ensayos de comportamiento de prototipos. Sometiéndolo a ensayos para determinar su conformidad con las especificaciones oficiales al cual el producto se refiere (Vallhonrat, 2005).

En consecuencia, para generar productos o servicios de calidad será necesario (Combeller, 1999):

- Definir un conjunto de características de calidad que garanticen una total adecuación del producto al uso por parte del cliente; en última

instancia conseguir la identidad "características de calidad = satisfacción de las necesidades, expectativas e intereses del cliente".

- Realizar el diseño del producto consiguiendo la identidad "Especificaciones de diseño = características de calidad".
- Fabricar el producto consiguiendo la identidad "Producto fabricado = Especificaciones de diseño"

Con lo cual se habrá asegurado que el producto obtenido satisface plenamente las necesidades, expectativas e intereses del cliente o consumidor a quien va dirigido.

La existencia inexcusable de especificaciones del producto, genera tres definiciones clásicas, que son las siguientes (Combeller, 1999):

- Características de calidad: propiedad de un producto o servicio que contribuye a asegurar su adecuación al uso (rendimiento, sabor, fiabilidad, apariencia, etc.).
- Calidad de diseño: adecuación de las características de calidad diseñadas para el producto o servicio, a la generalidad de usuarios.
- Calidad de conformidad o calidad de fabricación: indica la fidelidad con que un producto se ajusta a lo establecido en su proyecto de diseño.

Según Hansen, B. et al, define el control de aceptación como:

“La serie de medidas que adopta el receptor para asegurarse de la calidad de un producto o trabajo ofrecido por el productor”.

Los procedimientos de control de aceptación deben proteger los intereses tanto del adquirente como del proveedor, sin favorecer innecesariamente a ninguno de ellos. Este control tiene como objetivo, garantizar la calidad de una unidad o de un grupo de unidades sometidas a control. Este objetivo asegura las características de calidad que cumplen a largo plazo las normas de calidad establecidas (Perez, 1994).

Las medidas más utilizadas para asegurar la calidad de un producto aceptado puede clasificarse como:

Tabla II. **Medidas para asegurar la calidad**

<b>Técnicas de Aceptación</b>	<b>Técnicas de Control</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Inspección del 100 por 100</li> <li>B. Certificación</li> <li>C. Técnicas de Muestreo               <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Muestreo de aceptación por atributos lote a lote:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Muestreo simple</li> <li>b. Muestreo doble</li> <li>c. Muestreo múltiple</li> <li>d. Muestreo secuencial</li> </ul> </li> <li>2. Muestreo de aceptación por atributos continuo:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>a. De etapa única</li> <li>b. Multietápico</li> </ul> </li> <li>3. Muestreo de aceptación por variables:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Planes de variabilidad conocidos</li> <li>b. Planes desconocidos de variabilidad</li> </ul> </li> <li>4. Muestreo por auditorías:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Del producto enviado</li> <li>b. Del control del productor</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Aprobación del sistema de garantía de calidad del productor, así como de los procedimientos que utiliza, incluyendo: métodos de inspección y control de procesos, métodos de aprobación y control de calibres, métodos de inspección y pruebas, registro de inspección y pruebas, control de planos, especificaciones y cambios de ingeniería, controles de identificación de lotes, controles de materiales.</li> <li>B. Aprobación de los métodos de control de compras del productor.</li> <li>C. Registro y medición de los progresos en calidad del productor.</li> <li>D. Clasificación de productores y proveedores.</li> </ul>

Fuente: Vallhonrat, 2005.

La calidad de proyecto de un producto está relacionada con el rigor de las especificaciones para la fabricación del mismo. Cuanto mayor sea la exigencia en cuanto a solidez, resistencia a la fatiga, duración, función e intercambio de cualquier producto, mejor será su calidad de proyecto, siempre que satisfaga las demandas de los consumidores (Vallhonrat, 2005).

- **Métodos para el análisis de un solvente**

Los solventes se pueden analizar determinando una serie de características dependiendo de su función química, sus impurezas y los requisitos de la aplicación final (Verneret, 1983).

Entre los métodos analíticos que normalmente constan en la especificación de los solventes se destaca la determinación del grado de pureza, para la cual se utiliza la técnica de cromatografía gaseosa. También se hacen análisis físico y químicos para obtener la especificación del producto final, como la densidad, color, acidez o basicidad, rango de destilación, materia no volátil, contenido de agua, miscibilidad en agua, resistencia al permanganato y olor residual (Morales, 2009).

Las especificaciones se definen en función del tipo de solvente analizado. En la tabla III se presenta un resumen de las principales características que constan en la especificación de algunos solventes comerciales y sus respectivos métodos analíticos normalizados.

Tabla III. **Solventes comerciales y sus respectivas normas**

<b>Análisis Realizados</b>	<b>Referencias</b>	<b>Metodología</b>
Pureza	-----	Cromatografía
Densidad	ASTM D-4 052	Análisis físico
Color (Pt-Co)	ASTM D-1 209	Análisis físico
Humedad	ASTM D-1 364-64	Análisis Químico
Acidez (Como acido acético)	ASTM D-1 613-66	Análisis químico
Rango de Destilación (750 mm Hg)	ASTM D-1 078-70	Análisis físico
Olor residual	ASTM D-1 296	Análisis físico
Miscibilidad en agua	ASTM D-1 722	Análisis físico
Resistencia a KMnO <sub>4</sub>	NBR-5 826	Análisis químico

Fuente: ASTM, 2002.

- **Cromatografía gaseosa**

La cromatografía es un método físico-químico de separación que se basa en la migración diferencial de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, la fase móvil y la estacionaria. Tanto la fase móvil como la estacionaria pueden estar compuestas por una amplia gama de sustancias, y se aplica a la cromatografía gaseosa y líquida (McNair, Miller, 2009).

La cromatografía gaseosa es la técnica de mayor aplicación para el análisis de solventes. Es útil especialmente para analizar los componentes de una mezcla, separar, caracterizar y cuantificar los componentes e impurezas orgánicas presentes en los solventes disponibles en el mercado. También permite seguir el proceso de síntesis (Quirós, 2006).

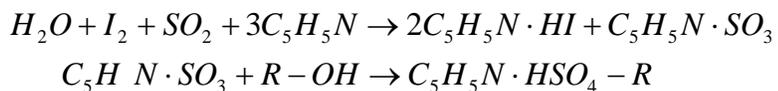
En la cromatografía gaseosa de alta resolución (CGAR) se emplean columnas de longitud entre 10 y 100 m., con diámetro interno que varía entre 0,10 y 0,75mm., la fase estacionaria es una película de polaridad variable. Los gases de arrastre que más se usan son el hidrógeno y el helio. Los detectores más utilizados son la ionización de llama o Flame Ionization Detector (FID) y de conductividad térmica o Thermal Conductivity Detector (TCD). Otro tipo muy utilizado es el fragmento de masas o Mass Spectrometry Detector (MSD). También existen otros tipos de detectores como los de captura de electrones, los fotométricos de llama, los detectores específicos para especies nitrogenadas y fosforadas, los de fotoionización y los detectores compuestos que usan dos tipos de detección simultánea (Bertsch, Jennings, 1981).

En la técnica de la cromatografía gaseosa tradicional (detector FID, TCD u otro) un determinado componente se identifica por comparación entre el tiempo de retención obtenido por el compuesto analizado y el componente puro (Celanese, 2005).

Según McNair y Miller (2009), el tipo de columna a utilizar depende de varios factores, tales como la polaridad y el punto de ebullición del sistema de solventes que va a ser analizado. La polaridad de las columnas capilares sigue la tendencia de polaridad del componente de la mezcla que se encuentra en mayor cantidad. En otras palabras, cuando el sistema es altamente polar se puede utilizar alguna columna de alta polaridad disponible en el mercado, que probablemente permitirá obtener una buena separación de todos los componentes. El cuidado principal es garantizar que todos los componentes de la mezcla eluyan en las condiciones cromatográficas elegidas. Lo mismo ocurre cuando la columna es de baja polaridad.

- **Contenido de humedad**

El método más común utilizado para la determinación de la humedad en los disolventes es el de Karl Fisher. El contenido de agua se puede determinar por el método potenciométrico de Karl Fisher, que se basa en la reacción de reducción del yodo por el dióxido de azufre en presencia de agua. Esta reacción permite determinar cuantitativamente el contenido de agua en el medio, en presencia de piridina y un alcohol primario que reaccionan con trióxido de azufre y ácido yodhídrico, de acuerdo con las siguientes reacciones:



Las soluciones de Karl Fisher se encuentran en el mercado y están constituidos por yodo, piridina y dióxido de azufre disueltos en 2-metoxietanol. El reactivo se estandariza rápidamente antes de ser utilizado. Debido a los cuidados requeridos en la manipulación de este producto, en el mercado se encuentran soluciones reactivas de Karl Fisher libre de piridina (Celanese, 2005).

El método descrito en la Norma ASTM D1 364 está indicado para solventes volátiles e intermediarios químicos utilizados en pinturas, barnices y productos similares y se puede utilizar tanto para la determinación de valores muy altos como muy bajos de agua. Los solventes que absorben con facilidad el agua del ambiente, como cetonas, acetatos y ésteres de glicol, se deben manipular con mucho cuidado para evitar este efecto (ASTM D1364).

Es aplicable a los compuestos orgánicos pero no en presencia de mercaptanos, peróxidos o aminas. Se podrá efectuar determinaciones en

compuestos con carbonilos siempre y cuando se use una mezcla de metanol (1 parte), piridina (3 partes) y benceno (6 partes). 50 mL de metanol o de la mezcla anterior se titulan con el reactivo de Karl Fisher (solución de yodo, piridina y dióxido de azufre en relación molar de 1, 10 y 3 respectivamente) hasta agotar la humedad. Una cantidad determinada de muestra se agrega a la solución y en condiciones tales que la entrada de la humedad sea mínima, se efectúa la titulación con el reactivo Karl Fisher hasta agotar la humedad (Metrohm Manual, 2009).

El final de la titulación se detecta por el color anaranjado-rojo, o electrométricamente.

$$g H_2O / 100 mL muestra = \frac{mL KF \times F \times 0.1}{mL muestra} \quad (III.a.1)$$

$$\% H_2O \text{ en peso} = \frac{mL KF \times F \times 0.1}{mL muestra \times densidad} \quad (III.a.2)$$

En donde: mL KF = mililitros de reactivo Karl Fisher gastados para titular la muestra.

F = factor del reactivo de Karl Fisher en mg de agua/mL de reactivo Karl Fisher.

- **Densidad**

La densidad o densidad relativa es una magnitud física que indica, las características finales de aplicación del solvente. La Norma ASTM D4052 trata de los requisitos analíticos del ensayo para compuesto líquidos en la franja de 15°C a 35°C, cuya presión de vapor sea menor que 600 mm Hg y cuya

viscosidad, menor que aproximadamente 15 000 cSt (mm<sup>2</sup>/s) a la temperatura del ensayo (que debe estar indicada) (ASTM D4052).

La densidad se define como la masa por unidad de volumen a una determinada temperatura. La densidad relativa es el cociente entre la densidad del producto a una determinada temperatura y la densidad del agua en las mismas condiciones (Solomons et al, 2000).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{III.b.1})$$

Donde  $\rho$  es la densidad,  $m$  es la masa de la sustancia y  $V$  el volumen. Siendo así la densidad de cualquier líquido se puede determinar pesando cuidadosamente una cantidad de la sustancia y midiendo enseguida su volumen. Es importante controlar la temperatura a la cual se efectúa la medición debido a que cualquier variación de temperatura puede modificar considerablemente la densidad (Solomons, et al. 2000).

La densidad sufre la influencia de las fuerzas intermoleculares. A medida que la intensidad de las interacciones aumenta, también aumenta la tendencia de las moléculas de atraerse, o sea que la cantidad de moléculas por unidad de volumen aumenta y produce el aumento de la densidad de la sustancia. Por otro lado, a medida que la intensidad de las fuerzas intermoleculares disminuye, menos será la cantidad de moléculas por unidad de volumen, lo que causa la disminución de la densidad de la sustancia (Chang, 2010).

También se define la densidad relativa, que es el cociente entre la densidad absoluta y la densidad absoluta de un estándar. Como la densidad

relativa es el cociente entre esos dos valores de densidades absolutas, su valor es un número adimensional (Chang, 2010).

$$d = \frac{\rho}{\rho^o} \quad (\text{III.b.2})$$

La densidad relativa es una propiedad física característica de una sustancia que puede ser utilizada para determinar el grado de pureza de un líquido. Como su valor es el resultado de interacciones existentes entre moléculas de una misma sustancia, si dicha sustancia está contaminada, las interacciones resultantes entre las moléculas serán distintas de aquellas que ocurren en la sustancia pura. La presencia de impurezas modifica la cantidad de moléculas de la sustancia por unidad de volumen, modificando el valor de la densidad. Por eso la densidad es una medida bastante utilizada en los laboratorios de control de calidad para verificar si los solventes no están adulterados. Esta medición se basa en el método ASTM D-4 052 (Verneret, 1984).

- **Métodos físicos de análisis de solventes**

Los análisis físicos empleados para la especificación de los solventes disponibles comercialmente se determinan en función de sus características físicas necesarias para la aplicación final del producto (Armenta, 2008).

Entre los métodos físicos más utilizados se puede citar la determinación de materia no volátil, la miscibilidad en agua, el olor de los solventes volátiles, la densidad relativa y el rango de destilación (Greyson 1983).

Otro ensayo físico utilizado para el control de calidad de solventes industriales, es la determinación del rango de destilación. La Norma ASTM

D1078 se aplica a los líquidos que entran en ebullición entre 30°C y 350°C y son químicamente estables durante el proceso de destilación que puede ser efectuado en sistema manual o automático. Se aplica para compuestos líquidos orgánicos del tipo hidrocarburo, solventes oxigenados, intermediarios químicos, e incluso mezclas. Como resultado del test se obtiene un rango de temperaturas que indica la volatilidad del líquido orgánico analizado, que sirve para su identificación y como indicador de la calidad (grado de pureza) del solvente o de la mezcla analizada (ASTM D1078).

El test de miscibilidad en agua para solventes está descrito en la Norma ASTM D1 722. La principal función es determinar cualitativamente los contaminantes inmiscibles en agua, es un buen índice para determinar y detectar la presencia o ausencia de sustancias insolubles en agua y dan turbidez cuando se realiza el ensayo. Entre las sustancias que pueden causar turbidez están las parafinas, olefinas, aromáticos, alcoholes o cetonas de alto peso molecular y otros (ASTM D1722).

- **Funcionalidad del *thinner***

La formulación de los *thinners* o adelgazadores, que se comercializa está en función de la relación entre el costo y poder de dilución.

La funcionalidad de los *thinners* depende en gran medida del tipo de tecnología aplicada en la formulación del recubrimiento, la cual puede ser del tipo: acrílico, alquidálico, poliéster, poliuretano de nitrocelulosa, etc. (Morales, 2009).

Las pruebas se llevan a cabo realizando las siguientes diluciones en vasos de precipitados de 30ml (Morales, 2009):

- 1:1 (5ml *thinner*/5 ml recubrimiento) para alquidáticos.
  - 2:1 (10ml *thinner* / 5 ml recubrimiento) Lacas, selladores y primers.
  - 2:1 (10ml *thinner* / 5 ml recubrimiento) Automotivas.
  - Especialidad según aplique.
- 
- Agitar vigorosamente por periodo de 1 minuto (aproximadamente) con ayuda de una varilla de vidrio.
  - Realizar la aplicación sobre un vidrio de reloj, el vaciado se hace sobre la parte cóncava, posteriormente se distribuye uniformemente la película, por toda la superficie del vidrio.
  - Al final se escurre el sobrante, en el recipiente destinado para ello, dejando escurrir por lo menos 20 segundos el vidrio de reloj.
  - Una vez realizadas las aplicaciones se observa el comportamiento y acabado de las películas aplicadas, los conceptos a evaluar son: porosidad, brillo, blanqueo, poder cubriente (formación de película), uniformidad.
  - El resultado de la funcionalidad se reporta como: Bien (B), Regular más (R+), Regular menos (R-), Mal (M), El criterio de aprobación es R+ y  
**B** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), no presenta puntos (cráter) ni se corta la pintura.

**R+** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), puede presentar algunos puntos, no se corta la pintura.

**R-** = Regular formación de película, apariencia homogénea (puede presentar separación de pigmentos), bajo brillo, y transparencia (si es el caso), presenta puntos, puede cortar la pintura.

**M** = Pobre formación de película (o no existe), se corta la pintura, separación de pigmentos, bajo brillo.

- **Especificaciones de *thinner* en el mercado de Guatemala**

Tras dos años de análisis de *thinner* estándar, que se comercializa en Guatemala, en el Laboratorio de Solventes de Guatemala ha realizado análisis de los diferentes productores de *thinner* estándar en el país antes mencionado. Los productores de *thinner* durante 2010, 2011 y 2012 son: Transmerquim, Coquin, Negoser, Brenntag, Quimisol y Solventes. Teniendo como resultado un rango de solventes puros, el cual combinados cumplen con la expectativa de los clientes al diluir los esmaltes y selladores.

El análisis de los rangos para la elaboración de *thinner*, proporcionado por Solventes de Guatemala se detalla en la tabla IV.

Tabla IV. **Especificaciones de solventes puros para elaboración de *thinner***

Producto	Cantidad %
Cosolventes	20 – 25
Activos	10 – 15
Aromáticos	35 – 40
Alifáticos	15 – 20
Retardadores	3 - 4

Fuente: Laboratorio Solventes de Guatemala 2010 – 2011.

El cual debe cumplir con las especificaciones determinadas por Solventes Guatemala.

Tabla V. **Especificaciones de *thinner* en Guatemala**

Parámetro	Especificaciones	
	Min.	Máx.
Pureza %	99.5	-----
Peso Específico, 20°C Kg/L	0.740	0.840
Humedad %	-----	0.5
Solubilidad en agua %	-----	60
Olor	Característico	
Apariencia	Libre de material en suspensión	

Fuente: Solventes de Guatemala, S.A. 2010 – 2012.

- **Gráficos de control**

Un gráfico de control representa el comportamiento de un proceso anotando sus datos ordenados en el tiempo. El objetivo es detectar los cambios en el proceso que puedan dar lugar a la producción de unidades defectuosas, lo cual se consigue minimizando el tiempo que transcurre desde que existe un desajuste hasta que se detecta. El control estadístico debe verse como una mejora continua de la calidad en el proceso (Lopez, 2007).

Con ello se puede detectar (Lopez, 2007):

- Riesgo que se está dispuesto a admitir cada vez que se decida que una causa asignable ha entrado en el proceso.
- Cambio mínimo en el valor del parámetro que se desea detectar.  
Tiempo medio esperado entre desajustes

Los gráficos de control pueden ser por variables o atributos.

Gráficos de Control por Variables: está basado en la observación de la variación de características medibles del producto o del servicio. Mostrando de una forma clara la variabilidad del resultado de un proceso, respecto a una determinada característica, con el tiempo (Verdoy, et al. 2006).

Gráficos de Control por Atributos: está basado en la observación de la presencia o ausencia de una determinada característica, o de cualquier tipo de defecto en el producto o servicio (Verdoy, et al. 2006).

Una línea central representa el valor esperado, mientras que los límites de control determinan si el proceso está bajo control. Así si un punto está fuera de los límites de control, se interpreta que el proceso está fuera de control. A continuación se describe la interpretación de los gráficos de control ([www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org)):

- Un punto exterior a los límites de control, se estudiará la causa de una desviación del comportamiento tan fuerte.
- Dos puntos consecutivos muy próximos al límite de control, la situación es anómala, estudiar las causas de variación.
- Cinco puntos consecutivos por encima o por debajo de la línea central, investigar las causas de variación ya que la media de los cinco puntos indica una desviación del nivel de funcionamiento del proceso.
- Fuerte tendencia ascendente o descendente marcada por cinco puntos consecutivos, investigar las causas de estos cambios progresivos.
- Cambios bruscos de puntos próximos a un límite de control hacia el otro, examinar esta conducta errática.
- Los dos tercios centrales contienen bastante más del 66% de los puntos, examinar esta conducta puesto que es posible que existen causas especiales no identificadas, actuando sobre el proceso.
- Los dos tercios centrales contienen bastante menos del 66% de los puntos, investigar las causas de este comportamiento anómalo.

#### **1.2.4. Costos**

Se define costo como el valor en efectivo o equivalente de un recurso necesario para manufacturar un bien o brindar un servicio. Los costos se

asignan en forma directa o indirecta, dependiendo de la situación (Espinoza, 2007).

Los gerentes desean saber cuánto cuesta algo en particular, para poder tomar decisiones. Los contadores enfrentan continuamente decisiones que tienen que ver con la asignación de recursos, como comprar productos o contratar a un nuevo empleado. Para tomar estas decisiones, debe enfocarse en el costo-beneficio. Los recursos tendrán que gastarse si con ello se van a alcanzar las metas de la compañía en relación con los costos esperados de esos recursos. Los beneficios que se esperan del gasto deben exceder a los costos esperados (Horngren, et al. 2007). Dicho en otras palabras es evaluar si los beneficios en un determinado tiempo de la nueva inversión serán mayores que los costos asociados.

### **1.2.5. Solver**

El solver de Excel es una herramienta de análisis de simulación, que permite encontrar el valor óptimo o mínimo de una celda objetivo, y ello es función de condiciones (restricciones) que se aplican a los valores de otras celdas de la fórmula (variables) (Microsoft, 2010).

Para resolver un problema, se definen parámetros:

- El objetivo que quiere alcanzar: es la celda que debe optimizarse o alcanzar determinado valor. Contiene una fórmula y valor depende de una o más variables.
- Las celdas que deben modificarse: llamadas variables de decisión, son las celdas cuyo valor puede ir cambiando Solver hasta lograr que

se cumplan las restricciones y que la celda objetivo alcance el objetivo definido.

- Las celdas de restricciones: es una o varias celdas que su valor debe alcanzar un valor dado o permanecer dentro de los límites establecidos.

Solver hace que intervengan varias iteraciones para las que utiliza un conjunto de valores de celdas variables que hacen que se re calcule la hoja de cálculo, y examina las restricciones asociadas, así como el posible valor de la celda a definir (Galindo, 2013).

#### **1.2.6. Solventes**

Los solventes son compuestos químicos que normalmente se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente y presión atmosférica, tiene propiedades de disolver, suspender o extraer otras sustancias sin modificarlas químicamente (Solomons, 1996).

Una solución está constituida, por lo menos, por dos componentes: una de estas sustancias se llama solvente, y por lo regular es el componente que se encuentra presente en mayor cantidad. Las demás sustancias de la solución se denominan solutos., y se dice que están disueltas en el disolvente (Brown, et al. 1998). Las soluciones se obtienen a partir de la mezcla de componentes sólidos, líquidos y/o gaseosos con líquidos.

Los solventes se pueden dividir en acuosos, no acuosos y orgánicos, y se usan en la industria como portadores (*carriers*) y como medio para síntesis químicas. Se clasifican a los solventes orgánicos de acuerdo con el grupo funcional de la molécula: alcoholes, cetonas, ésteres, éteres, éter

glicoles, aminas, hidrocarburos aromáticos, alifáticos, ciclo-alifáticos, halogenados o nitrados y terpenos. La presencia de un determinado grupo indica los tipos de interacciones físico-químicas que pueden ocurrir entre el soluto y el solvente (Brown, et al. 1998).

Los principales solventes son (Verneret, 1983):

- Solvente alifáticos

Las moléculas de hidrocarburo están constituidas por átomos de carbono que forman cadenas y dependiendo de su estructura se clasifican en aromático o alifáticos. Estos hidrocarburos tienen una estructura, el anillo de benceno, la cual consta de seis átomos de carbono unidos entre sí formando un ciclo en el que se alternan uniones simples y uniones dobles resonantes.

Los hidrocarburos alifáticos no presentan un anillo aromático, se pueden clasificar como cíclicos o acíclicos (cadena cerrada o abierta), lineales o ramificados o insaturados.

Los hidrocarburos alifáticos son inmiscibles en agua, cuando se mezcla un hidrocarburo con agua se forman dos fases, de las cuales la capa superior es la orgánica y la inferior la acuosa porque los hidrocarburos son menos pesados que el agua. Son solubles entre sí y tienden a solubilizar otros compuestos apolares (como grasas y ceras) (Verneret, 1983).

Los hidrocarburos de bajo peso molecular son gases a temperatura y presión ambiente, mientras que los lineales que tienen más de cinco átomos de carbono tienden a ser líquidos o sólidos.

Los hidrocarburos saturados, los alcanos, son inertes a temperaturas y presión ambiental, no reaccionan con ácidos ni bases, incluso fuertes, tampoco se hidrolizan, polimerizan o se descomponen en dichas condiciones. Son resistentes a los oxidantes fuertes, incluso al peróxido de hidrogeno y al ácido nítrico, y no se reducen aun en presencia de hidruros metálicos (Greyson, 1983).

- Solventes aromáticos

Los solventes aromáticos y alifáticos están formados exclusivamente por carbono e hidrógeno, los aromáticos tienen la estructura del anillo aromático o anillo bencénico, no tienen enlaces fuertemente polares, teniendo propiedades físicas semejantes a los demás hidrocarburos. Son inmiscibles en agua, cuando se mezcla un hidrocarburo aromático con agua se forman dos fases, la superior es la orgánica y la inferior la acuosa. Todos los compuestos con estructura de anillo bencénico tienen por lo menos seis átomos de carbono, los encontramos en estado líquido o sólido a temperatura y presión constante (Brown, et al. 1998).

- Solventes oxigenados

Son aquellos formados por carbono e hidrógeno pero que es su molécula contienen por lo menos un átomo de oxígeno (Brown, et al. 1998).

Entre los solventes oxigenados se tienen: alcoholes, éteres, ácidos carboxílicos, anhídridos.

La materia prima principal para la obtención de cetonas es el petróleo. La acetona se obtiene como coproducto de la fabricación del fenol. La síntesis

industrial del fenol comienza con la producción de cumeno a partir de benceno y propeno. El cumeno se oxida a hidroperóxido de cumeno y por clivaje en medio ácido produce fenol y acetona. La acetona es la materia prima para producir di acetona alcohol por condensación aldólica. Por deshidratación de la di acetona alcohol se obtiene óxido de mesitilo, y por hidrogenación selectiva de este se obtiene MIBK (Metil Isobutil Cetona).

Esta se produce a partir de la deshidrogenación del 2-butanol, que se produce a partir de la hidratación del 2-buteno. Los acetatos son los ésteres más utilizados como solventes, se obtienen por esterificación de diferentes alcoholes con ácido acético. La reacción es reversible y se produce agua. El ácido acético para la producción de acetatos se obtiene por la carbonilación del metanol. La reacción está catalizada por complejos de rodio o iridio y ocurre en presencia de iodo metano (Celanese, 2005).

- Solventes halogenados

Están constituidos por carbono, hidrógeno y por lo menos un átomo de halógeno unido a la cadena carbonada. Estos compuestos de baja masa molar son gases como los clorofluorocarbonos; los de masa molar más alto son líquidos y poco miscibles en agua. Al mezclar órgano-halogenados líquidos y agua se forman dos fases, la inferior orgánica y la superior acuosa, ya que estos compuestos son más densos que el agua (Armenta, 2008).

- Solventes nitrogenados y sulfurados

Los solventes que contienen nitrógeno en su molécula y azufre son mucho más restrictos que el de los hidrocarburos y los compuestos oxigenados. Los compuestos nitrogenados que se pueden utilizar como solventes son aminas,

amidas, nitrilos y nitrocompuestos. Las aminas tienen por lo menos un átomo de nitrógeno unido a un átomo de carbono saturado. En las amidas el nitrógeno unido a un grupo carbonilo. Los nitrilos tienen por lo menos un átomo de nitrógeno unido a un átomo de carbono por una triple ligadura. Los nitroalcanos tienen un átomo de nitrógeno unido a un átomo de carbono y a dos átomos de oxígeno (Chang, 2010).

Entre los compuestos sulfurados utilizados como solventes están los sulfóxidos y las sulfotas. La molécula de los sulfóxidos tienen un átomo de azufre unido a dos átomos de carbono distintos y a un átomo de oxígeno por una doble ligadura (Solomons, et al. 2000).

Los compuestos nitrogenados y los sulfurados no son muy reactivos, es decir que su uso como solvente queda restringido a algunas aplicaciones específicas que requieren propiedades especiales. Las aminas son resistentes a las bases y los agentes reductores, pero son sensibles a los ácidos, los agentes oxidantes y el agua. Las aminas primarias son sensibles al aire porque se carbonatan en presencia de dióxido de carbono. Los nitrilos son sensibles a ácidos, bases, agentes reductores, y oxidantes y se hidrolizan en presencia de ácidos o bases. Los nitroalcanos son sensibles a bases y ácidos, agentes reductores y oxidantes, también se pueden hidrolizar. Las amidas son sensibles a ácidos y bases y a agentes reductores, se pueden hidrolizar en medio ácidos o básicas. Los sulfóxidos son resistentes a agentes oxidantes y reductores y son sensibles a las bases. Las sulfatos resisten a los agentes oxidantes, sensibles a los reductores y bases fuertes (Celanese, 2005).

El uso de las aminas como solventes está prácticamente restringido a la dimetilamina y la metilamina. Ambas se obtienen a partir de la reacción del metanol con el amoniaco en condiciones específicas (Armenta, 2008).

La dimetilformamida y la dimetilacetamida son las amidas que más se usan como solvente, estas se producen por reacción entre la dimetilamina y el monóxido de carbono, y la dimetilacetamida a partir de la dimetilamina y el ácido acético (Armenta, 2008).

El nitrilo que más se utiliza en es acetonitrilo que se obtiene como subproducto de la producción de acrilonitrilo (materia prima para la producción de polímeros) por reacción entre propeno, amoniaco y oxígeno (Armenta, 2008).

#### **1.2.6.1. Principales criterios de elección de un solvente**

Las resinas tienen el papel más importante en el desempeño de un sistema, pero si los solventes no están adecuadamente elegidos lo pueden afectar significativamente. Se puede decir que gran parte de las propiedades de aplicabilidad de las pinturas depende de los solventes porque influyen sobre la nivelación, el escurrimiento, el grado de reticulación e incluso la dureza de la película (Celanese, 2005).

- La Dilución del solvente

Para solubilizar un sustrato de debe contar con dos informaciones esenciales (Morales, 2009):

- El poder solvente consiste en la evaluación de la eficacia del solvente con respecto al soluto. El formulador debe contar con la posibilidad de comparar cualitativamente varios solventes;

- La evolución para saber si existe un solvente verdadero de una determinada sustancia, o si se necesita una mezcla de solventes para disolverla.

El problema es más complicado cuando se necesita usar mezclas de dos, tres o varios solventes y diluyentes. Se pueden realizar ensayos por medio de tentativas sucesivas, pero este procedimiento causa pérdida de tiempo y no garantiza la optimización de los resultados obtenidos. Con los parámetros de solubilidad se elige el solvente más apropiado para la aplicación deseada teniendo en cuenta la viscosidad de las soluciones. La evaluación relativa del poder solvente se torna necesaria, y el estudio de la viscosidad de las soluciones es el método normalmente utilizado porque por medio de este se obtienen los resultados más representativos (Verneret, 1983).

Un solvente de baja viscosidad, puede dar al momento de la preparación, una solución muy fluida que, en algunos casos, puede llegar a transformarse en un gel del tipo termo- reversible. La noción del poder solvente basada en las medidas de viscosidad es muy útil, pero se debe completar con la observación de la evolución de esa viscosidad en función del tiempo (Morales, 2009).

- Velocidad de evaporación

La velocidad de evaporación es tan importante como el poder solvente, es esencial para desarrollar una fórmula equilibrada y adaptada a las condiciones de la aplicación.

El conocimiento exacto de la velocidad de evaporación de los componentes de una formulación es muy importante cuando se trata de equilibrar bien el secado de la película de pinturas y barnices, o de obtener una

película seca en un intervalo de tiempo limitado, como es el caso de aplicaciones en rotograbado y flexografía (Celanese, 2009).

Un solvente se debe evaporar con relativa rapidez al inicio del secado para evitar escurrimientos, sin embargo se evapora despacio para nivelar y permitir que la película se adhiera al sustrato. El proceso de evaporación tiene lugar por acción del intercambio de calor de los solventes con el medio, lo que conlleva al enfriamiento del ambiente de su entorno, incluyendo el sustrato sobre el cual la pintura se aplica.

En el caso de los solventes más volátiles el enfriamiento todavía es más pronunciado, llegando a temperaturas por debajo del punto de rocío, lo que puede provocar la condensación de humedad en la superficie de la película. A este fenómeno los pintores lo denominan *blushing* (emblanquecimiento de la superficie) y normalmente se debe a la absorción de agua.

#### **1.2.6.2. Los solventes y sus aplicaciones**

Los solventes tienen diferentes aplicaciones dependiendo del tipo de resina que se desea disolver.

- **Pinturas y barnices**

Los solventes son componentes de muchos sistemas de pinturas y tienen un papel importante la formulación de éstas y en las propiedades de la película. La influencia de los solventes se demuestra en la aplicación y en las propiedades de la pintura (Calvo, 2009):

- Solubilidad y miscibilidad de las resinas

- Estabilidad de la dispersión
- Viscosidad al aplicarlas
- Tiempo de secado
- Nivelación de la película

Muchos de los defectos del aspecto relacionados con la película, como cráteres y apariencia de cáscara de naranja, generalmente son el resultado de un balance inadecuado de los solventes en la formulación de las pinturas. Como un sistema solvente puede afectar muchas propiedades, cualquier modificación de la formulación con el propósito de mejorar alguna de esas propiedades se debe realizar con bastante criterio, para evitar efectos no deseados en las otras (Morales, 2009).

Por ejemplo si se introduce una modificación en el sistema solvente para mejorar la solubilidad de una de las resinas se puede disminuir la viscosidad de la pintura o aumentar o disminuir el tiempo de secado, lo que ocasionará que al final del proceso la película presente imperfecciones (Calvo, 2009).

Una de las herramientas más útiles para formular sistemas solventes para pinturas lo constituyen los parámetros de solubilidad porque tienen las siguientes ventajas (Maschellin, 2004):

- Sirve muy bien para la gran mayoría de sistemas.
- Son fáciles de usar y visualizar cuando se trata de la formulación de sistemas solventes para la disolución de polímeros o mezclas de polímeros.
- No se necesitan datos experimentales de equilibrio de fases.
- La superficie de solubilidad se puede determinar experimentalmente.

La transformación de un material en solución en un revestimiento adherente y durable está estrechamente relacionada con el proceso de formación de la película, que consta básicamente de tres etapas principales: aplicación, fijación y secado.

En todas las etapas el solvente desempeña un papel especial. El solvente o la mezcla de solventes, le confiere a la solución de la resina una viscosidad que determina el tipo de aplicación. Durante la fijación, que es una etapa de estabilización de la pintura sobre la superficie, el papel del solvente es asegurar que la resina se adhiera correctamente a la superficie y se forme una capa uniforme. Una buena adherencia depende del índice de evaporación del solvente. En el proceso de secado, no importando el tipo, física o química, el solvente, además de evaporarse en cada capa que se aplica, debe salir del sistema después de haber solubilizado la resina para que las cadenas poliméricas se entrelacen y formen una capa homogénea, uniforme y duradera (Ortuño, 2006).

El proceso físico de la formación de la película de resinas en base solvente ocurre cuando el solvente orgánico se evapora, y se divide en tres etapas (Celanese, 2005):

- Se produce una rápida evaporación del solvente de la superficie, lo que provoca el aumento de la concentración del polímero y la formación de gotas en la superficie de evaporación. En esta etapa algunos factores importantes son la humedad relativa del aire, el calor latente de evaporación y la tensión superficial de la solución.
- Se evapora más solvente por difusión a través de las capas de polímero concentrado, y así continua aumentando la concentración del polímero y las macromoléculas presentes se van inmovilizando.

- Finalmente se elimina por difusión los últimos trazos de solventes presente y se forma una película de polímero uniforme y homogéneo.

Un solvente o una mezcla de solventes para usar en pinturas o tintas de impresión, se elige con base en una serie de características como viscosidad, solubilidad, toxicidad, punto de inflamación y costo, que van a definir la característica de desempeño y aplicación, por este motivo se debe de tener cuidado al elegir el solvente.

En un sistema solvente-resina compuesto por una mezcla de solventes leves, medios y pesados generalmente el componente ligero se evapora primero, entonces el polímero tiene que ser soluble en los solventes medios y pesados para evitar que el material polimérico precipite. Por otro lado, la solubilidad no puede ser muy elevada porque por lo contrario el polímero va a escurrir por la superficie, pero debe solubilizar la resina hasta un punto que permita que las moléculas de polímeros tengan movilidad y se entrelacen. Lo mismo pasa con el solvente medio, y solo permanece el solvente pesado el tiempo suficiente para que el polímero forme una película homogénea después que se han evaporado los tres tipos de solventes de la mezcla (Ortuño, 2006).

Por lo que el proceso de formación de película depende especialmente del proceso de evaporación del solvente, y pone en evidencia la importancia del solvente en la formación de películas de polímeros.

Generalmente no se pueden predecir las propiedades de una pintura debido a la complejidad de las interacciones entre los componentes. Sin embargo, se pueden obtener buenos resultados por medio de los cálculos de la formulación de los solventes, que permiten simplificar el problema de

formulación de la pintura ya que la composición del sistema solvente afecta muchas de sus propiedades.

Se puede estimar satisfactoriamente las variaciones de las propiedades en función de las variaciones de la composición del solvente, por lo que la metodología que sirve de orientación para formular sistemas solventes para pinturas son (Celanese, 2005):

- Establecer la solubilidad del polímero y la miscibilidad de la formulación.
  - Especificar el perfil de la evaporación y las otras propiedades del sistema solvente.
  - Formular sistemas de solventes que permitan buena solubilidad del polímero.
  - Hacer ensayos con las formulaciones para confirmar los resultados previstos.
- 
- **Esmaltes y selladores**

En el ámbito de la tecnología o el arte, el esmalte es el resultado de la fusión de cristal en polvo con un sustrato a través de un proceso de calentamiento, normalmente entre 750 y 850°C. El polvo se funde y crece endureciéndose, formando una cobertura suave y vidriada muy duradera. El esmalte tiene muchas propiedades excelentes. Es suave, resiste a las agresiones mecánicas o químicas, duradero, puede mantener colores brillantes durante mucho tiempo y no es combustible. Entre sus desventajas destaca su tendencia a romperse o hacerse añicos cuando el sustrato es sometido a deformaciones o esfuerzos (Giudice, et al. 2009).

La clase de esmaltes se conocen como:

**Esmalte Graso:** está compuesto por aceites secantes mezclados con resinas duras naturales o sintéticas. Tiene buen brillo, que se pierde en la intemperie, buena extensibilidad. No resiste la alcalinidad (por lo que hay que aislar la superficie del cemento). Tiene un secado y un endurecimiento lento que se retrasa con el frío. La tonalidad blanca no es muy pura. Se utiliza en interiores como esmalte de acabado. En exteriores, debido al aceite pierde brillo al sol, por lo que su uso es restringido. Se aplica con brocha o con rodillo (Giudice et al, 2009).

**Esmalte Sintético:** se obtiene por combinación química de resinas duras y aceites secantes. Las resinas más empleadas son las alquídicas, que tienen gran dureza, buen brillo, resisten agentes químicos e intemperie y al combinarse con los aceites, tienen gran flexibilidad. Secan con rapidez, gran brillo, incluso al exterior (Celanese, 2005).

Esmaltes que se encuentran en el mercado son los esmaltes al agua, es una pintura de alta lavabilidad y gran resistencia a la humedad. Se usa en cocina, baños, comedor, dormitorios, pasillo y fachadas, sobre superficies de albañilería, cemento, fibrocemento, madera, ladrillos y yeso.

El esmalte para pisos, posee una terminación brillante. El esmalte aluminio plata, es sintético de acabado plateado brillante para exteriores e interiores. El esmalte sintético para uso de interiores y exteriores puede ser utilizado en madera y metal (tales como muebles, estructuras, puertas, ventanas, rejas, etc.) Posee excelente dureza y adherencia, resiste intemperie y se puede lavar (Pereyra, et al. 2009).

Los selladores son elaborados a base de nitrocelulosa, resinas sintéticas plastificantes y solventes balanceados, para sellar muebles y artículos de madera para uso de interiores, se aplica sobre superficies previamente lijadas y limpias, libres de polvo y grasas.

Se utiliza para el sellado de poros en superficies de madera en general, aglomerados, muebles, armarios, maderas decorativas, etc. Este producto no es de acabado: se le debe aplicar encima un barniz como protección. En la tabla III se muestra los tipos de esmaltes y selladores en Guatemala, esta información fue recolectada por información recabada de Solventes Guatemala 2010-2012.

**Tabla VI.** Esmaltes y selladores en Guatemala

<b>ESMALTES</b>	<b>SELLADORES</b>
Sherwin Williams	Sherwin Williams
Celco	Celco
Sur Color	Sur Color
La Paleta	La Paleta
Sega	Sega
Copebase	Copebase
Protecto	Protecto
Glidden	Glidden
Kendall	Kendall
Color in	Color in
Pro Color	Pro Color
Combesa	Combesa
Full Color	Full Color
Color Total	Color total, no cuenta con selladores
Primavera	Primavera, no cuenta con selladores
Corona	Corona
Auto Lac no cuenta con esmaltes	Auto Lac
Comex	Comex

Fuente: Solventes Guatemala 2010-2012.

### **1.2.6.3. Bases para la formulación de adelgazadores de calidad**

El disolvente tiene una variedad muy amplia de aplicaciones, los recubrimientos que son usados para fines decorativos, contienen un pigmento y un vehículo o resina, cuya función es juntar las particulares de pigmento. La resina es un material amorfo duro o un líquido muy viscoso o aceitoso, sin

disolvente, estos materiales resinosos no se pueden aplicar en superficies. Para hacerlos aplicables se requiere disolver la resina en disolvente que produzca la solución con las propiedades necesarias para su fácil aplicación (Morales, 2009).

El papel del adelgazador es el de reducir la viscosidad (espesor) de la solución obtenida cuando la resina se disuelve. Un adelgazador puede ser un producto simple o una mezcla de varios materiales para dar el efecto deseado. El adelgazador se usa no solamente para bajar la viscosidad de la solución, sino también para reducir el costo, controlar la velocidad de evaporación y aumentar las propiedades de manejo de la solución de resina.

De acuerdo a la acción sobre los filmógenos, los disolventes pueden ser activos, latentes o diluyentes.

- Disolvente Activo

El disolvente activo con respecto a un filmógeno dado, es aquel que tiene poder de disolver el filmógeno. La cantidad y la clase de disolventes, que no sean disolventes activos, que se puedan añadir a la solución, depende del poder del disolvente activo. La selección acertada del disolvente es esencial cuando se requiere obtener un sistema de disolventes de máxima actividad a un costo mínimo. Son disolventes activos de la nitrocelulosa uno de los filmógenos más empleados, los ésteres, cetonas y glicoéteres (Morales, 2009).

- Disolvente Latente o Cosolvente

El papel del disolvente latente o cosolvente es aumentar la actuación del disolvente activo. El disolvente latente puede definirse como aquel que por sí solo no es un disolvente de la resina que se usa, pero cuando se emplea junto con un disolvente activo también actúa como disolvente activo o aumenta la actividad del disolvente activo. El disolvente latente puede también actuar como copulador, aumentando la compatibilidad de la solución con los diluyentes. Son disolventes latentes o cosolventes los alcoholes (Morales, 2009).

- Diluyentes

El papel del diluyente es de reducir el costo del recubrimiento, modificar la velocidad de evaporación, producir flujo y la nivelación del recubrimiento durante el secado y reducir la viscosidad de la solución de la resina al óptimo punto deseado para obtener las propiedades necesarias para la aplicación. Por lo tanto, con la combinación apropiada de disolventes activos, latentes y diluyentes se alcanza la formulación con las mejores características de aplicación a un costo mínimo. Son diluyentes los hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Morales, 2009).

- **Formulación de los adelgazadores**

La concentración de diluyentes es la que determina si la calidad del adelgazador es alta, mediana o baja y también el costo del adelgazador. Generalmente se puede decir lo siguiente sobre la calidad de los adelgazadores:

- Calidad Alta – contiene aproximadamente 45-50% en volumen de diluyente.
- Calidad Mediana – contiene aproximadamente 50-55% en volumen de diluyente.
- Calidad Baja – contiene aproximadamente 55-60% en volumen de diluyente.

El volumen del diluyente puede aumentarse pero por lo general no excede al 70%.

La relación del diluyente aromático y alifático puede variar, pero se considera un buen punto de partida el 50/50. Aumentando la cantidad de diluyente alifático se puede bajar el costo, ya que estos son generalmente más baratos, sin embargo, se toma en cuenta que la propiedad del adelgazador cambia, pues al aumentar el disolvente alifático, baja la relación de dilución de tolueno y de nafta. Además, tendrá menor resistencia al nublado y da mayor viscosidad a la laca disuelta que la que daría al usar el diluyente antes de aumentar el componente alifático.

El disolvente latente (alcoholes) se usa en la formulación generalmente en relación de 30/70 con respecto al disolvente activo. Diferentes tipos de alcoholes dan diferentes efectos. Alcoholes de cadena larga darán mayor relación de dilución en nafta y menor velocidad de evaporación del disolvente.

La cantidad de disolvente activo es aproximadamente de 25 a 40%. Usualmente se usan varios disolventes activos en la misma formulación para obtener las mejores propiedades de aplicación en cada caso.

Casi todos los adelgazadores para lacas pueden mejorarse en cuanto a sus propiedades. La manera más fácil de hacer mejoras es la de disminuir la cantidad de diluyente y aumentar la del componente activo. Esto hará que el producto resulte más caro, pero da mayor libertad en la formulación.

La manera más sencilla de visualizar un adelgazador es la de dividirlo en componentes activos, latente y diluyente. Cada tipo de componente dividirlo en alto, medio y bajo de acuerdo a su punto de ebullición. Con la combinación de los productos de las tres características de los tres tipos de componentes, es más probable que se puede balancear la fórmula de un adelgazador de óptimas propiedades.

Es de vital importancia tomar en cuenta que el último producto que se evapore del recubrimiento aplicado sea un disolvente activo, porque de otro modo se corta la película al final.

Activo	Velocidad de evaporación Rápida – Acetona, acetato de etilo. Velocidad de evaporación Media – Acetato de butilo, MIBK. Velocidad de evaporación Lenta – Etilenglicol monobutil éter, ciclohexanona.
Latente	Velocidad de evaporación Media – Alcohol etílico Velocidad de evaporación Lenta – Ciclohexanol, butanol, isobutanol.
Diluyente	Velocidad de evaporación Rápida – Hexano Velocidad de evaporación Rápida – Tolueno Velocidad de evaporación Rápida – Xileno

### 1.3. Hipótesis

- La obtención de un *thinner* en función a los esmaltes y selladores del mercado de Guatemala está determinado por la composición de los solventes recuperados que se utilizarán para su elaboración.

### 1.4. Variables

- Variables Independientes
  - Composición del Solvente Recuperado  
Conceptual: tipos de materiales (solventes) que se encuentran en el solvente recuperado.  
Operacional: se analizará por medio de un cromatógrafo de gases la composición del solvente recuperado.
- Variables Dependientes
  - Solvente Recuperado  
Conceptual: el solvente recuperado es aquel que ha sido utilizado en cualquier proceso el cual una empresa lo recolecta para su destilación (purificación de los solventes usados).  
Operacional: se obtendrá a partir de la casa matriz ubicada en México, una vez obtenidos diferentes tipos de recuperados se analizará su composición, por medio de un cromatógrafo de gas.
  - Esmaltes y Selladores  
Conceptual: los esmaltes y selladores es un material que permite recubrir una superficie, en donde su utilidad dependerá de la superficie a la que se quiere aplicar (Santillana, 2011).

Operacional: se obtendrán del mercado los esmaltes y selladores que se encuentran en el mercado de Guatemala, con los cuales se realizarán pruebas de funcionalidad con el *thinner* desarrollado.

- Thinner

Conceptual: es una mezcla de solventes utilizado para la dilución de pinturas.

Operacional: se realizará el *thinner* a partir de solventes recuperados y solventes puros.

- Variables Intervinientes

- Humedad Relativa

Conceptual: es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica (Chang, Raymond).

Operacional: se utilizará un termo higrómetro para la determinación de la humedad relativa, en el momento de realizadas las pruebas de funcionalidad.



## **2. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1. Enfoque y tipo de investigación**

La investigación se basa en un análisis de carácter experimental debido a que se recolectaron y analizaron datos para responder a las preguntas de investigación y verificar la hipótesis establecida en el caso. En donde la hipótesis desarrollada es de un enfoque causal ya que existe una relación entre dos o más variables. El enfoque de la investigación está basada en la realización de un adelgazador el cual se obtendrá a partir de solventes recuperados, por lo que el tipo de investigación es experimental. Esto se basa según Dalen V., et al., (1981) que consiste en la manipulación de una o más variables no comprobadas, en condiciones controladas con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

Se dice que es cuantitativo por que el investigador introduce determinadas variables, las cuales son manipuladas por él, para observar la forma en que estas varían, siempre realizándola en situaciones controladas.

Esta investigación experimental puede dividirse de acuerdo con las categorías de Campbell y Stanley (1966) en pre-experimentos, experimentos puros y cuasi-experimentos, en donde el tema a investigar se basa en un experimento puro en donde según Sampieri, Collado y Lucio (1991) manipulan variables independientes para ver sus efectos sobre variables dependientes en una situación de control. Por lo que en el caso de estudio se tendrán como variables los tipos de solventes recuperados los cuales tendrán un efecto sobre

el *thinner* y del cual dependerá el desarrollo del mismo de acuerdo a la variable dependiente de la cantidad de humedad encontrada en el solvente recuperado.

El diseño a realizar será experimental de serie cronológicas múltiple con pre-pruebas y pospruebas debido a que la variable independiente será analizada antes de la variable dependiente en donde se adoptarán varias pre-pruebas y posterior a esto, la variable dependiente será en su vez analizada adoptando varias pospruebas. Lo cual se analizará el momento productivo en el cual tanto la composición del recuperado y la elaboración del *thinner* contengan una humedad por debajo del 0.5% para evitar de esta manera que una variación de humedad, sea un factor que afecte la veracidad de la garantía de calidad.

## **2.2. Definición de población y muestra**

La población a analizar en la investigación está definida como los solventes recuperados que se obtendrán de las industrias que realizan este producto, las cuales son 5 industrias entre México y Chile. En donde el marco muestral comprendido por las 5 industrias son:

Química Ecopar Ltda.

Reciclajes EcoTRANS Ltda.

Society Recycling Instruments Ltda.

Química Wimer

Ampex Chemical

De los cuales se obtendrán 2 litros de muestra por cada solvente recuperado, esto debido a las restricciones de carga de productos peligrosos. El método a utilizar será el probabilístico ya que la investigación está siendo

enfocada en una línea cuantitativa. Para la realización de cada una de las pruebas de funcionalidad de *thinner* se define que nuestra población será infinita, en donde no se conoce la cantidad exacta de elementos que tiene la población. El muestreo aleatorio estratificado presupone las características de las unidades de la población, en donde la característica conocida es la procedencia de cada una de las muestras, por lo que se puede estratificar en cinco grupos, clasificándolos por su casa matriz. Dentro de cada estrato se elegirán los miembros siguiendo el método aleatorio simple.

A continuación se detalla el cálculo para la determinación de la muestra del caso de estudio:

$$N = \text{Población} = \infty$$

$$Z = \text{Margen de confiabilidad} = 2.58$$

$$p = \text{probabilidad a favor} = 0.99$$

$$q = \text{probabilidad en contra} = 0.01$$

$$e = \text{error de estimación} = 0.05$$

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{(2.58)^2 * 0.99 * 0.01}{(0.05)^2} = 25 \quad (\text{III.b.3})$$

Teniendo el solvente reciclado se realizará el análisis de cada solvente, determinando una muestra:

$$N = \text{Población} = \infty$$

$$Z = \text{Margen de confiabilidad} = 3.19$$

$$p = \text{probabilidad a favor} = 0,99929$$

$$q = \text{probabilidad en contra} = 0,00071$$

$$e = \text{error de estimación} = 0,05$$

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{(3,19)^2 * 0,99929 * 0.00071}{(0,05)^2} = 2,89 \approx 3,0 \quad (\text{III.b.4})$$

Tomando como base 25 muestras a analizar en 5 empresas, se corrió la prueba 3 veces por cada solvente recuperado obtenido.

### **2.3. Análisis estadístico propuesto**

El análisis estadístico propuesto en la investigación es el inferencial, en donde se estudió el comportamiento y propiedades de las muestras. Los datos fueron recolectados a partir de una serie de pruebas, la cual establece que es una investigación de tipo cuantitativo-cualitativo. En este método se utilizó la regresión lineal (solver) para el análisis de costos y gráficos de distribución para la restricción de la variable dependiente. La investigación de tipo cualitativa evaluó el cromatograma, el cual es un método físico de separación en donde cada componente suministra tres unidades de información, posición, altura y anchura de los picos del cromatograma. La posición del pico obtenido en el gráfico, está expresado cuantitativamente como dato de retención, el cual suministra la información cualitativa y los otros proporcionan la información cuantitativa. Esto se llevó a cabo de acuerdo al número de muestras (tres) que deben analizarse en cada solvente recuperado. Así como también el comportamiento del *thinner* con cada uno de los esmaltes y selladores del mercado de Guatemala.

### **2.4. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos se realizaron por medio de la observación estructural, para corroborar la hipótesis planteada, en donde se

recolectaron los datos por medio de análisis de los resultados, los cuales se tabularon con ayuda de formatos, en donde se especificaban los datos a tomar y se realizaron comparaciones. Estos formatos se recopilaban por medio de pruebas en el laboratorio, que posteriormente se tabularon para su respectiva comparación, análisis y toma de decisiones.

## **2.5. Validación**

Según Sampieri, et al. (1991) la validez se alcanza mediante el control de varios grupos de comparación y la equivalencia de los grupos, la cual será del experimento de grupos en donde se mantendrán aspectos similares exceptuando la manipulación de la(s) variable (s) independientes.

La validación interna de la composición de los solventes recuperados se llevará a cabo mediante un cromatógrafo de gases, el cual separa los diferentes componentes de la mezcla por medio de una fase móvil y otra fija, evaluando los componentes del recuperado para determinar qué tipo de *thinner* se puede formular con el solvente recuperado.

La validación externa no tendrá límites, puesto que la aplicación o modificación de parámetros para análisis de los grupos experimentales es factible, haciendo así que sea sencilla la replicación a nivel industrial dentro del proceso.

## **2.6. Fuentes de información**

Las fuentes de información fueron recolectadas por medio del análisis de libros, manuales de la empresa productora de *thinner*, documentos de internet,

así como también entrevistas con personas expertas en el tema y realizando el análisis experimental para poder concluir con el trabajo de graduación.

### 3. RECURSOS NECESARIOS

Para la elaboración del adelgazador a partir de solventes recuperados se utilizarán los instrumentos siguientes:

- **Cromatógrafo de Gases**  
Este instrumento se utilizará para la determinación de la composición de los solventes recuperados y para la obtención de la pureza del desarrollo final (*thinner*). Estos datos se colocarán en el formato de Análisis de Muestras, en donde quedarán registrados los datos obtenidos del análisis (anexos).
- **Titulador de Medición del Porcentaje de Humedad**  
Para determinar el porcentaje de humedad contenida en los solventes se utilizará un titulador automático en donde el reactivo será Karl Fisher, el cual determinará con una señal del electrodo a un Ph neutro, el porcentaje de humedad contenido en la muestra y el del prototipo. Los datos obtenidos se registrarán en el formato Análisis de Muestra. (Anexos).
- **Balanza y Picnómetro**  
La balanza se utilizará para determinar el peso de la muestra a 20°C, la cual estará contenida en un picnómetro, este está calibrado a un volumen específico para así obtener la densidad de los solventes recuperados y del desarrollo de *thinner*. Los datos se registrarán en el formato Análisis de Muestras (Anexos).



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo de un *thinner* a partir de solventes recuperados

A continuación se presentan los resultados del análisis en estudio.

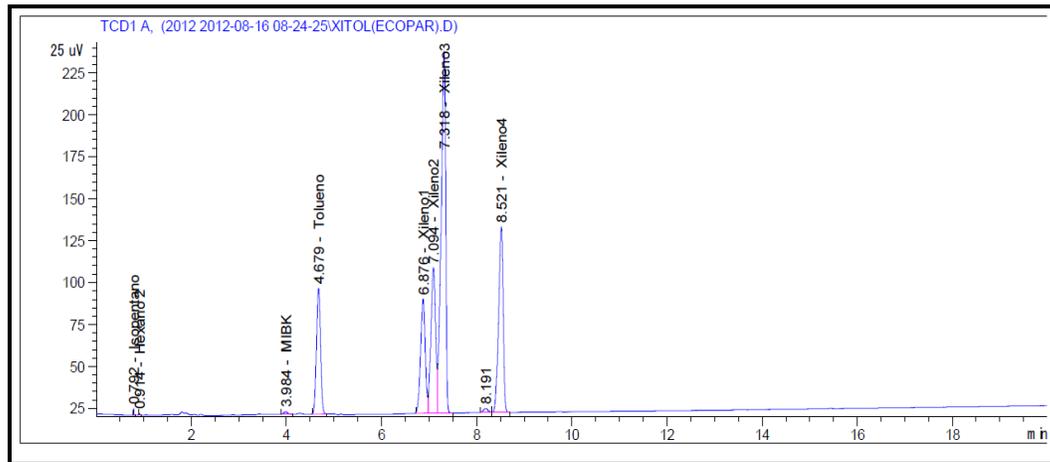
#### 4.1.1. Composición de solventes recuperados

Se recolectaron 25 muestras de solventes recuperados, las cuales se obtuvieron de las empresas Ecopar, Ampex, Society Recycle, Ecotrans y Wimer, en el tabla VIII se presentan las 25 muestras, y cuales pertenecen a cada empresa recicladora. El nombre de cada uno de los recuperados, es el nombre comercial del producto. De estas cinco empresas recicladoras, se analizaron las muestras por medio del cromatógrafo de gases marca Agilent, el gas utilizado es helio, y la columna es DB-WAX, y utiliza un sistema cinco sigma para cada curva en donde el error es de 0.079% y un detector, por sus siglas en inglés, TCD (Detector Termoiónico).

Cada una de las muestras se inyectó en el cromatógrafo, el cual detectó los analitos (solventes) presentes en la muestra teniendo así diferentes resultados.

La figura 1 muestra el tiempo en que cada analito se detectó, esto depende del punto de ebullición de cada producto encontrado. Se puede observar que la gráfica muestra que se encontraron 4 compuestos, los cuales se observan que son Hexano, MIBK (Metil Isobutil Cetona), Tolueno y Xileno. La cantidad se proporciona en porcentaje volumétrico.

Figura 1. Resultado cromatograma muestra Xitol (ECOPAR)



Fuente: elaboración propia.

En el tabla VII, las muestras analizadas son provenientes de Industria Ampex Chemical, de la cual se recolectaron 5 muestras de solventes recuperados, los cuales fueron, ANDE, FLEXO, HB 8, MERI, y AUGEO. Con el análisis cromatográfico se encontró que la muestra ANDE contiene etanol, isopropanol, metanol y agua en diferentes proporciones en donde la mayor proporción encontrada es de metanol. La cantidad de agua que se encontró es de 1.04%. La muestra FLEXO, contiene agua al 0.88%, etanol al 96.33%, 0.99% de metanol y 1.69% de normal propanol. La muestra HB 8 analizada, obtuvo un 88.38% de tolueno, 4.79% MIBK, 6.40% IPA y 0,17% de agua. El análisis de la Mezcla MERI, se encontró en su contenido con 5,03% de acetato de butilo, 35,90% de acetato de etilo, 16,30% de acetona, 2,80% de agua, 1,0% de alcohol diacetona, 8,40% etanol, hexano 0,62%, IPA 3,93%, MEK 18,31%, NPA 1,70%, 6,12% NP y 0,22% xileno. La muestra AUGEO contenía 29,7% de acetona, 32,07% de alcohol diacetona, 2,84% de hexano, 34,95% metanol y

0,33% de NPA. En donde la Mezcla MERI contiene más contenido de agua. El mismo análisis se realizó para las tablas 1, 2, 3 y 4 que se muestran en anexos.

Tabla VII. **Resultados muestras de Industria Ampex Chemical**

Producto	AMPEX				
	ANDE	FLEXO	HB 8	MERI	AUGEO
Acetato de Butilo				5,03%	
Acetato de Etilo				35,90%	
Acetona				16,30%	29,70%
Agua	1,04%	0,88%	0,17%	2,80%	
Alcohol Diacetona				1,00%	32,07%
Etanol	35,15%	96,33%		8,40%	
Hexano				0,62%	2,84%
Isopropanol	16,98%		6,40%	3,93%	
Metanol	46,74%	0,99%			34,95%
Metil Etil Cetona				18,31%	
Metil Isobutil Cetona			4,79%		
N- propil Acetato				1,70%	0,33%
N-propanol		1,69%		6,12%	
Tolueno			88,38%		
Xileno				0,22%	
<b>TOTAL</b>	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia.

La tabla VIII, muestra la densidad y humedad de cada uno de las mezclas recicladas analizadas, este análisis se realizó por medio de un titulador y un picnómetro, en donde se puede observar que la humedad más baja es de la mezcla XILAC, proveniente de Society Recycling con el 0,023% y la más alta es de 2,68% de la muestra NETTO proveniente de Society Recycling.

Tabla VIII. **Análisis de humedad y densidad**

	<b>RECUPERADO</b>	<b>Densidad g/mL</b>	<b>Humedad %</b>
<b>AMPEX</b>	ANDE	0.791	1.060
	FLEXO	0.790	0.900
	HB 8	0.860	0.190
	MERI	0.848	2.800
	AUGEO	0.855	1.540
<b>ECOTRANS</b>	NAHUIZALCO	0.847	0.300
	HE 5	0.665	2.000
	HE 3	0.792	0.031
	MOXIT	0.863	0.100
	AKME	0.887	1.000
<b>SOCIETY RECYCLE</b>	XIBU	0.867	0.201
	NEPTO	0.814	3.867
	NETTO	0.811	6.689
	ABNP	0.864	1.213
	XILAC	0.865	0.023
<b>WIMER</b>	ATMM	0.889	1.074
	HA	0.673	0.027
	NPE	0.815	4.113
	TNP	0.864	0.473
	XAB	0.870	0.655
<b>ECOPAR</b>	ABX	0.869	0.654
	ETIPA	0.793	1.982
	MM	0.795	0.214
	TOLM	0.800	0.054
	XITOL	0.865	0.037

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Minimización de costos

De la selección de los 11 solventes recuperados, de acuerdo a las especificaciones, se procedió con el cálculo de minimización de costos, en donde se utiliza el solvente recuperado y solventes puros para realizar el *thinner*.

Según entrevista con el gerente de ventas de Solventes de Guatemala S.A., el costo promedio anual de julio/2011 a julio/2012 del *thinner* es de Q36,00/ gal.

Los costos de los solventes puros se determinaron mediante el histórico en costos de cada uno de los solventes a utilizar de enero 2011 a julio 2012:

Tabla IX. Costo de solventes puros, año julio/2011 – julio/2012

PRODUCTO	COSTO/GAL
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46
ACETATO DE ETILO	Q 46.77
ACETONA	Q 36.12
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00
IPA	Q 38.76
TOLUENO	Q 41.87
XILENO	Q 39.45
HEXANO	Q 33.17
ETANOL	Q 30.32
MIBK	Q 54.06
METANOL	Q 20.40

Fuente: elaboración propia.

Así también, el precio sin IVA de los solventes recuperados que se obtuvieron de las 5 empresas, se detalla en la tabla X.

Tabla X. **Precio sin IVA de solventes recuperados**

PRODUCTO	COSTO /GAL
HB8	Q 28.92
NAHUIZALCO	Q 32.53
HE3	Q 23.95
MOXIT	Q 32.27
XIBU	Q 32.09
XILAC	Q 32.12
HA	Q 25.61
TNP	Q 31.83
MM	Q 24.16
TOLM	Q 36.47
XITOL	Q 33.02

Fuente: elaboración propia.

Este análisis se realizó mediante el complemento Solver de Excell. En la tabla XI se observa el cálculo en donde las restricciones dependen de las especificaciones para la elaboración del *thinner*. Se obtuvo que para realizar un *thinner* que cumpla con las especificaciones mencionadas en el marco teórico, y optimizando el costo con Solver Excel, se compone de un 15% de acetona,

10% de hexano, 23% de etanol, 2% de metil Isobutil cetona, 5% de metanol y 45% del solvente recuperados HB8.

Para cada uno de los 11 solventes recuperados, se realizó el análisis con la herramienta Solver, las tablas XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX y XXI se presentan a continuación.

Tabla XI. Resultado solver, recuperado HB8

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
HB8	Q 28.92	0.863	40.00%	Q 11.57
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	12%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 31.63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resultado solver, recuperado NAHUZALCO**

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	15.00%	Q 5.42
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	0.00%	Q -
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	36.00%	Q 14.20
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
<b>NAHUZALCO</b>	<b>Q 32.53</b>	<b>0.863</b>	<b>4.00%</b>	<b>Q 1.30</b>
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
4%	<=	4%	4%	>=	3%
15%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
36%	<=	40%	36%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
0%					
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 34.64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Resultado solver, recuperado HE3

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	15.00%	Q 5.42
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	37.00%	Q 14.60
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	0.00%	Q -
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
HE3	Q 23.95	0.863	20.00%	Q 4.79
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
15%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
37%	<=	40%	37%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 34.47

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Resultado solver, recuperado MOXIT

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
MOXIT	Q 23.95	0.863	40.00%	Q 9.58
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 29.64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Resultado solver, recuperado XIBU

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
XIBU	Q 32.09	0.863	40.00%	Q 12.84
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	25%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			COSOLVENTE
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 32.90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Resultado solver, recuperado XILAC

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
XILAC	Q 32.12	0.863	40.00%	Q 12.85
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%			100%	=	100%

Funcion Objetivo:	Q	32.91
-------------------	---	-------

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Resultado solver, recuperado HA

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD (KG/L)	% EN MEZCLA	COSTO
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	15.00%	Q 5.42
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	37.00%	Q 14.60
HEXANO	Q 33.17	0.665	0.00%	Q -
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
HA	Q 25.61	0.863	20.00%	Q 5.12
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
15%	<=	15%	18%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
37%	<=	40%	37%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%					100%

Funcion Objetivo:	Q	34.23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resultado solver, recuperado TNP**

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	15.00%	Q 5.42
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	37.00%	Q 14.60
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
MM	Q 24.16	0.863	0.00%	Q -
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
15%	<=	15%	18%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
37%	<=	40%	37%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 35.74

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Resultado solver, recuperado MM

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
TNP	Q 31.83	0.863	40.00%	Q 12.73
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 32.79

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Resultado solver, recuperado TOLM

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD Kg/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	15.00%	Q 5.42
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	37.00%	Q 14.60
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
TOLM	Q 36.47	0.863	0.00%	Q -
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02

100%

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
15%	<=	15%	18%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
37%	<=	40%	37%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
0%					
100%	=	100%			

Funcion Objetivo: Q 35.74

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Resultado solver, recuperado XITOL

PRODUCTO	COSTO/GAL	DENSIDAD KG/L	% EN MEZCLA	COSTO THINNER
ACETATO DE BUTILO	Q 54.46	0.879	0.00%	Q -
ACETATO DE ETILO	Q 46.77	0.900	0.00%	Q -
ACETONA	Q 36.12	0.792	12.00%	Q 4.33
BUTIL CELLOSOLVE	Q 67.00	0.899	3.00%	Q 2.01
IPA	Q 38.76	0.786	0.00%	Q -
TOLUENO	Q 41.87	0.871	0.00%	Q -
XILENO	Q 39.45	0.865	0.00%	Q -
HEXANO	Q 33.17	0.665	20.00%	Q 6.63
ETANOL	Q 30.32	0.791	20.00%	Q 6.06
MIBK	Q 54.06	0.793	0.00%	Q -
XITOL	Q 33.02	0.863	40.00%	Q 13.21
METANOL	Q 20.40	0.792	5.00%	Q 1.02
			100%	

Resultado	Condición	Restricción	Resultado	Condición	Restricción
3%	<=	4%	3%	>=	3%
12%	<=	15%	15%	>=	10%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
40%	<=	40%	40%	>=	35%
20%	<=	20%	20%	>=	15%
5%	=	5%			
100%	=	100%			

RETARDADOR
ACTIVOS
COSOLVENTES
AROMATICOS
ALIFATICOS
COSOLVENTE

Funcion Objetivo: Q 33.27

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. Garantía de la Calidad

Luego de realizar el *thinner* con los diferentes recuperados, se realizaron los análisis de composición (cromatografía), densidad a 20°C, porcentaje de humedad, solubilidad y rango de destilación. Estos resultados se muestran en el tabla XXII.

Tabla XXII. Resultado de análisis desarrollo de *thinner*

PRODUCTO	PUREZA %	DENSIDAD g/mL a 20°C	% HUMEDAD	RANGO DESTILACIÓN N °C	SOLUBILIDAD %
TH CON NAHUIZALCO	99.76	0.8030	0.2541	53-162	26
TH CON HA	99.78	0.8054	0.2009	54-158	18
TH CON HE3	99.71	0.7977	0.2901	52-161	34
TH CON HB8	99.73	0.8054	0.2682	53-160	24
TH CON MOXIT	99.75	0.8088	0.2231	55-161	22
TH CON XIBU	99.72	0.8076	0.2790	53-165	20
TH CON XILAC	99.74	0.8068	0.2539	53-161	22
TH CON XITOL	99.78	0.8071	0.2182	55-163	20
TH CON TNP	99.45	0.8070	0.5467	55-162	20

Fuente: elaboración propia.

Con los 9 desarrollos de *thinner* a partir de los solventes recuperados, se realizó el análisis de funcionalidad con los esmaltes y selladores del mercado de Guatemala. En donde, se clasifica como B, Buen desempeño, cuando el *thinner* diluye muy bien con el esmalte o sellador, dejando un recubrimiento parejo, sin que aparezcan puntos de alfiler o blanqueo. Regular, R, cuando la funcionalidad del esmalte o sellador diluyéndolo con el *thinner* presenta un acabado en donde se puede observar algunos puntos de alfileres. Malo, M, se refiere cuando el *thinner* no diluyó la pintura, hay presencia de puntos de alfiler grandes y blanqueo de los selladores o esmaltes transparentes.

Tabla XXIII. Resultado de funcionalidad del *thinner* con esmaltes

<i>Thinner</i> Con Esmaltes	NAHUZALC O	HA	HE3	HB8	MOXIT	XIBU	XILAC	XITOL	TNP
Sherwin W.	R+	B	B	B	B	B	B	B	B
Celco	R-	R-	R-	R-	R+	R-	R-	R-	R-
Sur Color	B	B	B	B	B	B	B	B	B
La Paleta	R+	M	M	R+	R+	R+	R+	R+	M
Sega	R+	R+	B	B	B	R+	B	B	R+
Copebase	R+	B	R-	R-	B	B	B	R-	R-
Protecto	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Glidden	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Kendall	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Color In	B	B	B	B	B	R+	B	B	R+
Pro color	R+	R+	R+	R+	R+	R+	R+	R+	R+
Combesa	R-	R-	R+	R-	B	R-	R-	R+	R+
Full Color	R+	R+	R+	R+	B	R+	R+	R+	B
Color Total	R+	R+	R+	B	B	B	B	B	R+
Primavera	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Corona	R-	M	M	R-	R+	R-	R-	M	M
Comex	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Fuente: elaboración propia.

## ESMALTES:

- Sur Color, Proteco, Glidden, Kendall, Primavera, Comex:  
El *thinner* realizado con los 9 recuperados al aplicarse con los esmaltes tuvo buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, no presenta puntos (cráter) ni se corta el esmalte.

**Resultado de Esmaltes con B** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), no presenta puntos (cráter) ni se corta la pintura.

Sherwin W.:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, HE3, HB8, MOXIT, XIBU, XILAC, XITOL, TNP.
Sega:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HE3, HB8, MOXIT, XILAC, XITOL.
Copebase:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, MOXIT, XIBU, XILAC.
Color In:	Con el <i>thinner</i> a partir de, NAHUIZALCO, HA, HE3, HB8, MOXIT, XILAC, XITOL.
Combesa:	Con el <i>thinner</i> a partir de, MOXIT.
Full Color:	Con el <i>thinner</i> a partir de, MOXIT, TNP.
Color Total:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HB8, MOXIT, XIBU, XILAC, XITOL.

**Resultado de Esmaltes con R+** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), puede presentar algunos puntos, no se corta la pintura.

Sherwin W.:	Se obtuvo con NAHUIZALCO.
Celco:	Con el <i>thinner</i> a partir de, MOXIT.
La Paleta:	Con el <i>thinner</i> a partir de, NAHUIZALCO, HB8, MOXIT, XIBU, XILAC, XITOL.

Sega: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, XIBU, TNP.  
Copebase: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO.  
Color In: Con el *thinner* a partir de, XIBU, TNP.  
Pro Color: Los 9 tipos de *thinner*.  
Combesa: Con el *thinner* a partir de, HE3, XITOL, TNP.  
Full Color: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, HE3, HB8 XIBU, XILAC, XITOL.  
Color Total: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, HE3, TNP.  
Corona: Con el *thinner* a partir de, MOXIT.

**Resultado de Esmaltes con R-** = Regular formación de película, apariencia homogénea (puede presentar separación de pigmentos), bajo brillo, y transparencia (si es el caso), presenta puntos, puede cortar la pintura.

Celco: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, HE3, HB8, XIBU, XILAC, XITOL, TNP.  
Copebase: Con el *thinner* a partir de, HE3, HB8, XITOL, TNP.  
Combesa: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, HB8, XIBU, XILAC.  
Corona: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HB8, XIBU, XILAC.

**Resultado de Esmaltes con M** = Pobre formación de película (o no existe), se corta la pintura, separación de pigmentos, bajo brillo.

La Paleta: Se obtuvo con HA, HE3, TNP.  
Corona: Con el *thinner* a partir de HA, HE3, XITOL, TNP.

Tabla XXIV. Resultado de funcionalidad del *thinner* con selladores

<b>Thinner Con Sellador</b>	NAHUIZALCO	HA	HE3	HB8	MOXIT	XIBU	XILAC	XITOL	TNP
Sherwin W.	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Celco	R+	B	R+	B	B	R+	R+	R+	R+
Sur Color	B	B	B	B	B	B	B	B	B
La Paleta	R-	R-	M	B	B	R-	M	R-	B
Sega	R+	R+	M	B	B	R+	R+	B	B
Copebase	R-	R-	B	R-	B	R-	R+	R+	B
Protecto	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Glidden	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Kendall	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Color In	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Pro color	R+	B	B	B	B	B	B	B	B
Combesa	R-	B	R-	R-	B	R+	B	R-	R-
Full Color	R+	B	R+	R+	B	R+	R+	R+	R+
Corona	R-	R-	M	R+	B	R-	R-	M	R-
Auto Lac	R+	B	B	B	B	R+	R+	R+	R+
Comex	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Fuente: elaboración propia.

## SELLADORES:

- Sherwin W., Sur Color, Proteco, Glidden, Kendall, Color In, Comex:  
El *thinner* realizado con los 9 recuperados tuvieron buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, no presenta puntos (cráter) ni se corta el sellador.

**Resultado de Selladores con B** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), no presenta puntos (cráter) ni se corta la pintura.

Celco:	Se obtuvo con HA, HB8 y MOXIT.
La Paleta:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HB8, MOXIT y TNP.
Sega:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HB8, MOXIT, XITOL y TNP.
Copebase:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HE3, MOXIT y TNP.
Pro Color:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, HE3, HB8, MOXIT, XIBU, XILAC, XITOL y TNP.
Combesa:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, MOXIT, XILAC.
Full Color:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, MOXIT.
Corona:	Con el <i>thinner</i> a partir de, MOXIT.
Auto Lac:	Con el <i>thinner</i> a partir de, HA, HE3, HB8, MOXIT.

**Resultado de Selladores con R+** = Buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, y transparencia (si es el caso), puede presentar algunos puntos, no se corta la pintura.

Celco:	Se obtuvo con NAHUIZALCO, HE3, XIBU, XILAC, XITOL, TNP.
Sega:	Con el <i>thinner</i> a partir de, NAHUIZALCO, HA, XIBU, XILAC.

Copebase: Con el *thinner* a partir de, XILAC, XITOL.  
Pro Color: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO.  
Combesa: Con el *thinner* a partir de, XIBU.  
Full Color: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HE3, HB8 XIBU, XILAC, XITOL, TNP.  
Corona: Con el *thinner* a partir de, HB8.  
Auto Lac: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, XIBU, XILAC, XITOL, TNP.

**Resultado de Selladores con R-** = Regular formación de película, apariencia homogénea (puede presentar separación de pigmentos), bajo brillo, y transparencia (si es el caso), presenta puntos, puede cortar la pintura.

La Paleta: Se obtuvo con NAHUIZALCO, HA, XIBU, XITOL.  
Copebase: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, HB8, XIBU.  
Combesa: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HE3, HB8, XITOL, TNP.  
Corona: Con el *thinner* a partir de, NAHUIZALCO, HA, XIBU, XILAC, TNP.

**Resultado de Selladores con M** = Pobre formación de película (o no existe), se corta la pintura, separación de pigmentos, bajo brillo.

La Paleta: Se obtuvo con HE3, XILAC.  
Sega: Con el *thinner* a partir de, HE3.  
Corona: Con el *thinner* a partir de, HE3, XITOL.



## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Desarrollo de un *thinner* a partir de solventes recuperados

A continuación se discuten los resultados que se obtuvieron en la investigación.

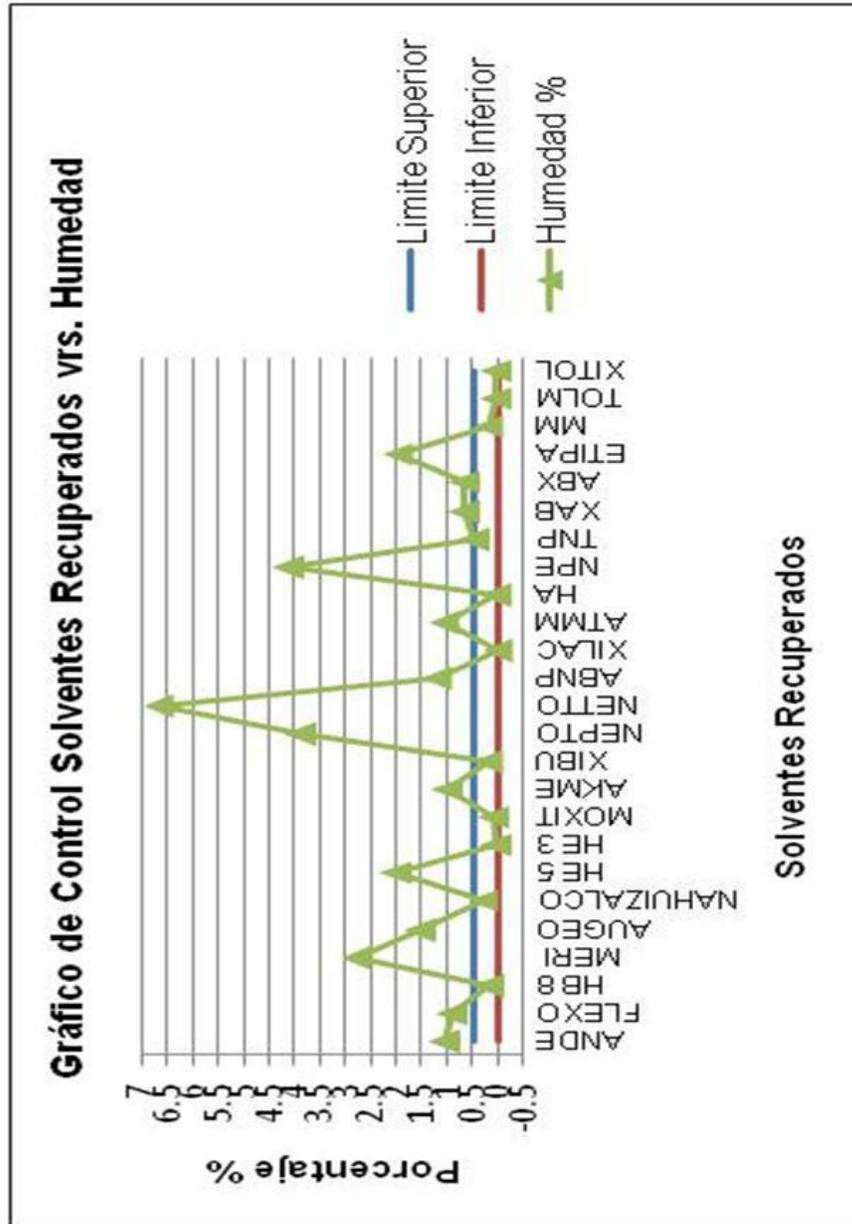
#### 5.1.1. Composición de solventes recuperados

El análisis de los solventes recuperado por medio del cromatógrafo indicó la cantidad y el tipo de solventes que contenía dicha solución. Se puede observar que las mezclas son muy diferentes respecto a las especificaciones que un *thinner* de calidad requiere. En la empresa AMPEX se observa que las 5 muestras analizadas, tiene un componente con mayor volumen, diferente entre las 5 muestras. Se puede decir que la mezcla ANDE tiene un alto contenido de Metanol, la mezcla FLEXO un alto contenido de etanol, la mezcla HB8 un alto contenido de Tolueno, MERI y AUGEO un alto contenido de Activos. Para la realización de un *thinner* de calidad se deben de tener Activos, Cosolventes y Diluyentes, no únicamente uno de los tres mencionados. Al utilizar estas 5 mezclas de solventes recuperados directamente con los esmaltes y resinas se tiene un problema de dilución y de blanqueo al momento de su aplicación.

La figura 2 se muestra las mezclas ANDE, FLEXO, MERI, AUGEO, NAHUIZALCO, HE 5, AKME, NEPTO, NETTO, ABNP, ATMM, NPE, XAB, ABX y ETIPA las cuales se encuentran fuera de los límites de control, según especificaciones para la realización de un *thinner* de calidad. Cabe señalar que

un parámetro importante en la elaboración de *thinner* es el porcentaje de humedad, ya que este según especificaciones antes mencionadas, tiene un limitante, el cual no se puede exceder para que el *thinner* cumpla con su función objetivo.

Figura 2. Solventes recuperados vs. humedad



Fuente: elaboración propia.

Las mezclas que cumplen con las especificaciones para la realización de un *thinner* para esmaltes y selladores son las mezclas recuperadas: HB8, HE3, MOXIT, XIBU, NAHUIZALCO, XILAC, HA, TNP, MM, TOLM, y XITOL sin embargo referente a su composición no cumple. Por lo que, el utilizar el solvente recuperado directo para la dilución de esmaltes y selladores, no proporciona un buen resultado en cuanto a funcionalidad. Con este análisis se utilizó el recuperado de solventes como materia prima para el desarrollo de *thinner*. Y con base en la selección de los recuperados a utilizar, que cumplen con las especificaciones, se determina que el recuperado sustituirá al solvente puro como se muestra en la tabla XXV. Esto se deriva del componente que se encuentra en mayor proporción en el recuperado. Por lo que se utilizó al recuperado MOXIT como sustituto del solvente Tolueno, y de igual manera con el resto de recuperados de acuerdo a su composición.

Tabla XXV. **Resultado de solventes recuperado sustituto de solvente puro**

RECUPERADO	SOLVENTE PURO A SUSTITUIR
HB 8	Tolueno
NAHUIZALCO	Butyl Cellosolve
HE 3	Etanol
MOXIT	Tolueno
XIBU	Xileno
HA	Hexano
TNP	Tolueno
MM	Metanol
XILAC	Xileno
TOLM	N-propanol
XITOL	Xileno

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2. Minimización de costos

La realización del *thinner* está relacionada entre el costo y el poder de dilución, se realizó la minimización del costo tomando como base los solventes recuperados que se encuentran dentro de las especificaciones, según tabla XXII. Utilizando el solvente recuperado en combinación con los solventes puros. Para cada solvente recuperado se realizó un desarrollo, para determinar cuál es el que conviene utilizar de acuerdo a sus especificaciones y costos.

Al correr Solver Excel, el solvente recuperado se sustituyó en las restricciones por el solvente puro, según tabla XXV. En donde TOLM y MM por su composición, muestra que no se utilizará este compuesto en la formulación,

lo que determina que es más factible el trabajar con solventes puros que el utilizar el recuperado, ya que no se obtuvo una optimización del costo relevante. (Véase tabla XX y XIX).

Con el recuperado HB8, XIBU, XILAC, TNP, XITOL y MOXIT se estará utilizando el 40% en el desarrollo del *thinner*. El recuperado NAHUIZALCO el 4%, HA y HE3 el 20%.

En donde se observó que utilizando el recuperado MOXIT se obtiene el menor costo que es de Q29, 64/ gal, que utilizando los otros solventes recuperados. Este desarrollo de *thinner* a partir del solvente recuperado MOXIT, es el que se utilizó para garantizar la calidad del desarrollo de *thinner*, debido a la diferencia en costo que se obtuvo, respecto al resto de recuperados utilizados en el desarrollo.

Teniendo como un decremento en el costo del *thinner* de Q. 9, 36 por galón de *thinner* formulado, referente al costo en el mercado de Q36, 00/ gal, equivalente a un 17,67%.

### **5.1.3. Garantía de la calidad**

El análisis de los *thinners* desarrollados, muestra que con base en el método estándar utilizado para la medición de la humedad, pureza, densidad, punto de ebullición y solubilidad de los 9 desarrollos, se encuentran dentro de las especificaciones requeridas. Asegurando así la calidad del producto terminado. Debido a la importancia del *thinner* a partir del recuperado MOXIT, que fue el que obtuvo decremento del costo significativo se observa que cumple con las especificaciones requeridas, para la buena calidad del *thinner*.

El análisis de funcionalidad determinó que el desarrollo de *thinner* a partir de los recuperados varía con los diferentes esmaltes y selladores del mercado de Guatemala, esto se debe a que cada esmalte y sellador tienen diferente resina y proporción de la misma. Lo que hace que la funcionalidad varíe con los *thinners*. Se puede observar que el *thinner* desarrollado a partir del recuperado MOXIT proveniente de la Empresa ECOTRANS, fue la que mejor funcionalidad obtuvo con todos los esmaltes y selladores. Este desarrollo con MOXIT obtuvo un buen desempeño con los esmaltes y selladores en donde tuvo una buena formación de película, apariencia homogénea (sin separación de pigmentos), brillo, no presenta puntos (cráter) ni se corta el sellador ni el esmalte y en los selladores transparentes no se presentó blanqueo.

Se pudo observar que el *thinner* desarrollado a partir de MOXIT, tiene mejor desempeño con todos los selladores analizados, mientras que con esmaltes los que tuvieron mejor desempeño fueron: Shewin W., sur color, sega, copebase, protecto, gliden, kendall, color in, combesa. Full color, primavera y comex. Esto equivale al 75% de los esmaltes analizados, con el *thinner* estándar MOXIT el cual cumple con el desempeño. Y el 25% restante son los esmaltes que tuvo buen desempeño pero con un poco de puntos de alfiler.

Con este estudio se puede observar que las aportaciones realizadas sobre los objetivos, los cuales están enfocados en la gestión industrial se basan en el aprovechamiento de los reciclados, que en este caso se trata de los solventes. Lo cual produce menor impacto o daño al medio ambiente. Evitando se arrojen los solventes utilizados a los drenajes y así mejorar la calidad de aire de los lugares. En el tratamiento de aguas residuales se tendrán aguas menos contaminadas, con lo que se reducirá el costo del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se ahorrarán grandes cantidades de recursos no renovables como el petróleo de donde se derivan todos los solventes. Se disminuye el uso

de energía que se consume en el proceso de obtención de solventes puros. Con esto se puede utilizar la regla de las tres R's, reduce, reusa y recicla, maximizando el aprovechamiento de los residuos de solventes.

La finalidad de aporte de este estudio de investigación es el desarrollo de nuevos procesos y productos, el cual el *thinner* estándar a partir de solventes recuperados es una nueva alternativa económica, realizando una mejora continua en los procesos de manufactura de las materias primas. Lo cual es una guía para responsables de procesos que buscan la optimización de costos, seleccionando niveles que den lugar a una combinación de tratamientos más económica.

## CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un *thinner* de tipo estándar a partir de solventes recuperados, cumpliendo con la garantía de calidad para la dilución de esmaltes y selladores del mercado de Guatemala.
2. El solvente recuperado MOXIT fue utilizado como solvente puro, sustituyendo al Tolueno en un 95% en el desarrollo del *thinner* estándar.
3. El uso del solvente recuperado MOXIT, en la elaboración de *thinner* estándar reduce el costo en un 17%, respecto a la formulación con solventes puros.
4. Se utilizó una combinación de solventes recuperados (40%) y solventes puros (60%) para la elaboración del *thinner* estándar en función a los esmaltes y selladores del mercado de Guatemala.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el estudio de reciclado de solventes, para el montaje de una planta recicladora en Guatemala.
2. A partir de solventes recuperados se recomienda realizar un estudio de otro tipo de *thinner*, para la dilución de pinturas, tintes y/o lacas.
3. Se recomienda realizar el estudio de impacto ambiental, determinando así la disminución de residuos y contaminación utilizando reciclados de solventes.
4. A partir del trabajo de graduación se recomienda reciclar los solventes que se utilizan y estudiar la generación de contaminantes al medio ambiente.
5. A partir del caso en estudio, se recomienda estudiar el tipo de resinas que se utilizan en la fabricación de las pinturas producidas en Guatemala, para mejorar el funcionamiento de las mismas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, JMI, Gallego, IA, Caro, BJ. 2006. Introducción a la calidad: aproximación a los sistemas y herramientas de calidad. España, Norma. 136 p.
2. Armendaris, JLS. 2010. Calidad. España, Parainfo. 243 p.
3. Armenta, L. 2008. La industria petroquímica y la estrategia de desarrollo industrial en México, Comercio exterior. 58(10). Consultado 28 enero 2012:  
[revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/119/3/697Leticia\\_Amenta.pdf](http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/119/3/697Leticia_Amenta.pdf).
4. Arnedo, DL. (s/f). Breve manual de solver. Consultado 25 septiembre 2012: [ocw.unizar.es/ocw/enseñanzas-tecnicas/modelos-de-investigacion-operativa/ficheros/cursosolver.pdf](http://ocw.unizar.es/ocw/enseñanzas-tecnicas/modelos-de-investigacion-operativa/ficheros/cursosolver.pdf).
5. ASTM, 1997. Standard test method for color of clear liquids (platinum cobalt scale), D1209. USA, ASTM. 1900 p.
6. ————. 2001. Standard test method for odor of volatile solvents and diluents. D1296. USA, ASTM. 1900 p.
7. ————. 2002. Standard test method for density and relative density of liquids by digital density meter, D4052. USA, ASTM. 1900 p.

8. ——— . 2002. Standard test method for water in volatile solvents (Karl Fisher reagent titration method). D1364. USA, ASTM. 1900 p.
9. ——— . 2003. Standard test method for nonvolatile matter in volatile solvents for use in paint, varnish, lacquers, and relates products. D1353. USA, ASTM. 1900 p.
10. ——— . 2004. Standard test method for water miscibility of water-soluble solvents. D1722. USA, ASTM. 1900 p.
11. Barahona, JC; Guevara, GM. 2006. Logística comercial y modernización aduanera en Centroamérica. Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 252 p.
12. Bertsch, W; Jennings, WG; Kaise,r RE. 1981. Recent advances in capillary gas chromatography. Alemania, University of Michiggan. 592 p.
13. Bohan, WF. 2003. El poder oculto de la productividad. España, Norma. 240 p.
14. Business solutions consulting group. (s. f.). Productividad. Argentina, Consultado 13 octubre 2011:  
[bscgla.com/04.%20educacion/00010.%20productividad/productividad.p](http://bscgla.com/04.%20educacion/00010.%20productividad/productividad.p).
15. Cabello, PM; Cabello, JMG. 2009. Las aduanas y el comercio internacional. España, ESIC. 247 p.
16. Cabonell, JC. 2009. Pinturas y recubrimientos: introducción a la tecnología. España, Díaz de Santos. 365 p.

17. Casanovas, A; Cuatrecasas, L. 2003. Logística empresarial. Barcelona, Ediciones gestión 2000. 222 p.
18. Celanese. 2005. Disolventes fabricados por Celanese Mexicana S.A. y sus especificaciones. México, Celanese. 240 p.
19. Chang, R. 2010. Química. España, McGraw-Hill. 106 p.
20. Collado, CF; Lucio, PB; Sampieri, RH. 1991. Metodología de la investigación. México, Person educación. 304 p.
21. Combeller, RC, 1999. La cultura de calidad y productividad en las empresas. México, Iteso. 425 p.
22. Comisión nacional del medio ambiente-región metropolitana. 1999. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial (recuperación de solventes). Santiago Chile, CNMARM.
23. CONAMA. 1999. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: solventes recuperados. Chile, CONAMA. 65 p.
24. Cos, JP; Navascués, R de. 2001. Manual de logística integral. España, Diaz de Santos. 846 p.
25. Coss Bu, R. 2005. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. México, Limusa. 371 p.
26. Galindo, MR. (s/f). Instructivo para uso del solver de excel. Consultado 05 enero 2013: [www.tec.url.edu.gt/boletin/url\\_03\\_ind02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/url_03_ind02.pdf).

27. Greyson, M. 1983. Enciclopedia de la tecnología química. Nueva York, Limusa. 1492 p.
28. Giudice, CA; Pereyra, AM. 2009. Tecnología de pinturas y recubrimientos, componentes, formulación, manufactura y control de calidad. Argentina, Edutecne. 250 p. Consultado 17 febrero 2010: [www.edutecne.utn.edu.ar/tecn\\_pinturas/A\\_TecPin\\_I\\_a\\_V.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A_TecPin_I_a_V.pdf).
29. Empresas recicladoras de solventes industriales. 2011. Consultado 28 abril 2011:  
[www.quiminet.com/pr2/reciclaje+de+aceites+solventes+y+toalla+industrial+y+cualquier+otro+producto+qu%edmico.htm#m-solicitudes](http://www.quiminet.com/pr2/reciclaje+de+aceites+solventes+y+toalla+industrial+y+cualquier+otro+producto+qu%edmico.htm#m-solicitudes).
30. Espinoza, LEG; Boulanger, FJ. 2007. Costos industriales. Costa Rica, Tecnológica. 580 p.
31. Fernández, RG. 2010. La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa. España, Club universitario. 880 p.
32. Foster, G; Horngren, CT; Datar, SM. 2007. Contabilidad de costos. México, Prentice Hall. 896 p.
33. Handy, A. 2004. Investigación de operaciones. México, Prentice Hall. 848 p.
34. Harvard Business School P. 2009. Entendiendo las finanzas. Chile, Impact media comercial. 116 p.
35. Lony, D. 2008. Logística Internacional. México, Limusa. 504 p.

36. Lopez, IG. 2007. Evaluación y Mejora Continua: conceptos y herramientas para la medición y mejora del desempeño. USA, Authos House. 215 p.
37. Marqués, AF. 2010. Excel 2010 en profundidad. España, RcLibros. 507 p.
38. Masschelin-Kleiner, L. 2004. Los solventes. Santiago de Chile, Norma. 85 p.
39. Mauleón, M. 2012. Logística y costos. España, Diaz de Santos. 210 p.
40. McNair, HM; Miller, JM. 2009. Basic gas chromatography. USA, 204 p.
41. Metrohm. 2009. 870 KF titrino plus manual. Alemania, Methrohm. 15 p.
42. Microsoft Corporation. 2010. Microsoft excel 2010. Barcelona, Microsoft Corporation. 582 p.
43. Morales Vidal, E. 2009. Solventes y thinners. México, Solventes de México. 20 p.
44. Olavarrieta de la, TJ. 1999. Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para las PYMES. México, Iberoamericana. 71 p.
45. Ortuño, AV. 2006. Introducción a la química industrial. España, Reverté. 622 p.

46. Pages, C. 2010. La era de la productividad. Nueva York, BID. 182 p.
47. Perez, CB. 2000. Manual de producción. Colombia, ECOE. 355 p.
48. Perez de V., JA. 1994. Gestión de la calidad empresarial: calidad en los servicios y atención al cliente, calidad total. España, ESIC.230 p.
49. PROARCA. 2004. Reporte general de manejo de residuos de Guatemala. Guatemala, Consultado 10 febrero 2011:  
[www.borsicca.com/downloads/gt1250181924.pdf](http://www.borsicca.com/downloads/gt1250181924.pdf).
50. Quirós, MB. 2006. Principios de la cromatografía de gases. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 60 p.
51. Ramos-Álvarez, MM; Cátena, A. 2003. Normas para la elaboración y revisión de artículos originales experimentales en ciencias del comportamiento. España, Universidad de Granada y Jaen. 64 p.
52. Rus, G de. 2001. Análisis coste- beneficio: evaluación económica de políticas y proyectos de inversión. Barcelona, Ariel. 254 p.
53. Santillana. 2011. Diccionario del estudiante. España, 1588 p.
54. Secretaría del Medio Ambiente. 2008. Consumo de solventes en la zona metropolitana de valle de México 2008. México, Consultado 5 noviembre 2012:  
[www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/consumo-solvente.pfd](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/consumo-solvente.pfd).

55. Solomons, TW; Fryhle, CB. 2000. Organic chemistry. Nueva York, Wiley. 1258 p.
56. Solomons, TWG. 1996. Fundamentos de química orgánica, Nueva York, Wiley. 1215 p.
57. Solventes de Guatemala. 2012. Diario de Ventas: (2010-2012). Guatemala, Solventes de Guatemala.
58. ————. 2012 Estudio de *thinner* en el mercado guatemalteco: (2010-2011). Guatemala, Solventes de Guatemala.
59. Torijano, E. 2012. Centroamérica: estadística de hidrocarburos 2011. México, Naciones Unidas. 55 p.
60. Unitar. 2009. Perfil nacional para la evaluación de manejo racional de sustancias químicas y desechos peligrosos. Guatemala, Unitar. 139 p.
61. Vallhonrat, BJM. 2005. Manual de control de calidad. España, Reverté. 1479 p.
62. Van Dalen, D; Meyer, W; Moyano, C; Muslera, O. 1981. Manual de técnica de la investigación educacional. Barcelona, Reverté. 542 p.
63. Verdoy, PJ; Mahiques, JM; Prades, RS; Pellecer, SS. 2006. Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones. Italia, JAUME. 339 p.

64. Verneret, H. 1983. Solventes industriales: propiedades y aplicaciones. San Paulo, Reverté.144 p.
65. Williams, SA. 2004. Métodos cuantitativos para los negocios. México, Thompson. 810 p.
66. Wolfgang, G.1985. Enciclopedia de química industrial. USA, PERKINS. 137 p.
67. York, J. 1994. Cualitatividad: la mejora simultanea de la calidad y la productividad. España, Marcombo. 208 p.

# ANEXOS

## Formato para la toma de resultados

FOLIO: \_\_\_\_\_

PARA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 DE: \_\_\_\_\_

Con referencia a la (s) muestra (s) de: \_\_\_\_\_  
 de procedencia: \_\_\_\_\_  
 Que proporcionó a laboratorio para análisis el día: \_\_\_\_\_

### A) EL PRODUCTO ANALIZADO CORRESPONDE A UN SOLVENTE:

	IDENTIFICACIÓN:
<input type="checkbox"/> PURO	M1
<input type="checkbox"/> RECUPERADO	M2
<input type="checkbox"/> CONTAMINADO	M3
<input type="checkbox"/> THINNER/MEZCLA	M4
	M5
	M6
	M7

Los resultados de los análisis son:

CLAVE	COMPOSICIÓN CB	PESO ESP. 2014*	% HUMEDAD KF	COLOR ALPHA	Olor	OBSERVACIONES
M1						
M2						
M3						
M4						
M5						
M6						
M7						

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

ELABORÓ: \_\_\_\_\_  
 INGRED LOPEZ

Anexo: Cromatogramas y hoja de análisis.

# Formato para la toma de resultados

B) THINNERS TIPO:  ECONÓMICO  AMERICANO  ACRÍLICO

ESTÁNDAR

Calificación: B = Buen desempeño; R = Regular; M = Malo

COMPONENTE	COMPOSICIÓN							OBSERVACIONES
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
ACETONA								
ACETATO DE ETILO								
ACETATO DE BUTILO								
BUTYL CELLOSOLVE								
ETANOL ANHIDRO								
HEXANO								
HEPTANO								
IPA								
METANOL								
MEK								
MBK								
TOLUENO								
XILENO								
AGUA								
Dimetilformamida								
PMI ACETATO								
AUREO								
<b>PESO ESPECÍF.</b>								
<b>COSTO \$/gal</b>								
Solv. Activos:								
Preparadores:								
Co-solventes:								
Hes. Alifáticos:								
Hes. Aromáticos:								
<b>CONCLUSIONES:</b>								

EMALTES (19)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	OBSERVACIONES
	CORONA							
OPRENE								
CELO								
CELOREN								
SELLADORES (2-1)								
PROTECO								
CELO								
MTJAC								
DMTEX								
JACKA (11)								
CELO	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	
<b>PRIMERS (13)</b>								
North Villane								
Sur Color								

Tabla 1. **Resultados muestras de Industria Society Recycling Instruments Ltda.**

<b>Productos</b>	<b>SOCIETY RECYCLE</b>				
	XIBU	NEPTO	NETTO	ABNP	XILAC
Acetato de Butilo		2,36%		81,00%	10,19%
Acetato de Etilo	1,29%				
Agua	0,18%	3,85%	6,63%	1,19%	
Butil Cellosolve	7,50%				
Etanol			66,00%	0,40%	
Metanol	0,09%	0,08%	0,27%	0,09%	
Metil Etil Cetona				3,40%	
Metil Isobutil Cetona					0,35%
N- propil Acetato			6,18%	0,03%	
N-propanol		89,00%	19,71%	13,54%	0,56%
Tolueno	0,78%	4,69%	1,14%		0,67%
Xileno	90,00%				88,14%
<b>TOTAL</b>	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. **Resultados muestras de Industria Reciclajes Ecotrans Ltda.**

Producto	ECOTRANS				
	NAHUIZALCO	HE 5	HE 3	MOXIT	AKME
Acetato de Butilo					7,00%
Acetato de Etilo					81,03%
Acetona		1,50%			
Agua	0,29%		2,03%	0,12%	1,00%
Butil Cellosolve	49,00%				
Etanol	10,75%		92,55%	4,83%	
Hexano		95,00%	1,00%	0,07%	
Isopropanol		0,08%			0,30%
Metanol		2,20%	4,80%	0,20%	4,05%
Metil Etil Cetona	21,26%				
Metil Isobutil Cetona				1,63%	4,15%
N-propanol	18,50%				
Tolueno		1,50%		88,82%	2,18%
Xileno				4,00%	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. **Resultados muestras de Industria Química Wimer**

Producto	WIMER				
	ATMM	HA	NPE	TNP	XAB
Acetato de Butilo	7,36%			6,65%	85,57%
Acetato de Etilo	82,10%	1,60%			
Acetona	0,40%	2,52%			
Agua	1,07%		4,07%	0,42%	0,62%
Butil Cellosolve			12,77%		
Etanol			72,98%		
Hexano		95,40%			
Isopropanol	0,32%				
Metanol	6,72%				0,07%
Metil Isobutil Cetona					2,98%
N- propil Acetato			5,81%		
N-propanol			2,75%	7,47%	
Tolueno	1,86%		1,23%	84,85%	
Xileno				0,30%	10,08%
<b>TOTAL</b>	100%	100%	100%	100%	99%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. **Resultados muestras de Industria Química Ecopar Ltda.**

Producto	ECOPAR				
	ABX	ETIPA	MM	TOLM	XITOL
Acetato de Butilo	85,21%		3,20%		
Agua	0,62%	1,93%	0,21%		
Etanol		97,41%	0,42%		
Hexano			0,09%	0,04%	0,04%
Metanol		0,62%	94,83%		
Metil Isobutil Cetona	2,96%			4,55%	0,26%
N-propanol				95,37%	
Tolueno	0,64%		1,11%		11,53%
Xileno	9,84%				88,08%
<b>TOTAL</b>	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia.