



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE
USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MÁQUINAS
OFFSET, EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA**

Claudia Lorena Martínez Guzmán

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Alvarado De León

Guatemala, junio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE
USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE
MÁQUINAS OFFSET EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CLAUDIA LORENA MARTÍNEZ GUZMÁN

ASESORADA POR EL ING. HUGO LEONEL ALVARADO DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE
USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MÁQUINAS
OFFSET, EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, el 03 de junio de 2009.



Claudia Lorena Martínez Guzmán

Guatemala 15 de febrero de 2010


Ingeniero:
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetable Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por la estudiante **CLAUDIA LORENA MARTÍNEZ GUZMÁN**, con carné 2005-16061, de la carrera de Ingeniería Industrial cuyo título es: **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MÁQUINAS OFFSET EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA"**.

Considero que el trabajo presentado por la estudiante Martínez Guzmán, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted, muy respetuosamente.


Ing. Hugo Leonel Alvarado Rodas

Asesor
Colegiado 5334

Hugo Leonel Alvarado Rodas
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5334



Como Catedrática Revisora del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MÁQUINAS OFFSET EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA**, presentado por el estudiante universitario **Claudia Lorena Martínez Guzmán**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. **Miriam Patricia Rubio**
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Abril de 2010.

Miriam Patricia Rubio Contreras
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. 4074

/agrm

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MÁQUINAS OFFSET EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Lorena Martínez Guzmán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACION DE DISOLVENTE USADO PARA EL LAVADO DE RODILLOS Y MANTILLAS DE MAQUINAS OFFSET, EN UNA INDUSTRIA LITROGRAFICA**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Lorena Martínez Guzmán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Resinos
DECANO

Guatemala, junio de 2010.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios Padre** Por el don de la vida y su infinito amor manifestado en ella. Por ser la fuente de sabiduría, luz y guía en mi caminar, y mi motivación a ser mejor persona cada día.
- María Auxiliadora** Por ser mi madre y amiga espiritual, por enseñarme a confiar en que para Dios nada es imposible como ella lo hizo. Por llevarme siempre hacia Jesús.
- Mis padres** José Luis y Silvia, por estar siempre conmigo, por su amor, entrega, paciencia, apoyo y su ejemplo en mi vida. A ellos les agradezco el logro de este proyecto en mi vida.
- Mis hermanos** Raymond y Silvia, por ser mi soporte, por su amor, paciencia y motivación a alcanzar mis sueños. Son un gran ejemplo de hermanos.
- Mis abuelitos** Teresa de Aguilar, por su enseñanza y amor. A Ramón Martínez (+), Antonio Guzmán (+), Adelina Jiménez (+), Angélica de Guzmán (+) una plegaria por su eterno descanso.

Mi familia

Mis tíos, tías, primos y primas. En especial a: tía Estelita y tía Elsa; a mis primos Lisette, Ubaldo, Vivi y Andrea. Por todo su apoyo y amor. Adelita, por su entrega y amor a la familia.

Mis amigos

En especial a Claudia, Mónica, Emilio, Lusvin, Josefina, Alicia, Mario, Irvin, Beatriz, Karen, Nelson, Danilo, Julio y Oscar, por su amistad incondicional y apoyo; por ser parte de este logro y el camino que recorrimos juntos para terminar nuestra carrera.

Mis hermanos

salesianos

cooperadores

Por su apoyo y cariño.

Al Voluntariado

Misionero Salesiano

Por la oportunidad de crecer humana y espiritualmente, y a todos los amigos que ahí he encontrado.

AGRADECIMIENTOS A:

La empresa	Recuperadora San José, S.A. Por toda la información brindada para el desarrollo de este trabajo.
Mi asesor	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León. Por su asesoría, asistencia y disponibilidad en la elaboración de este trabajo.
La Universidad	Por la formación académica y la oportunidad brindada para desarrollarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Misión	3
1.1.3. Visión	4
1.1.4. Política de calidad	4
1.1.5. Código de valores	4
1.1.6. Organigrama	6
1.2. Productos	7
1.3. Sistema impresión offset	7
1.3.1. Elementos de la impresión offset	8
1.3.1.1. La forma o matriz	9
1.3.1.2. El soporte	10
1.3.1.3. La tinta	11
1.3.1.4. La solución de mojado	12
1.3.2. Clasificación de las máquinas offset	13
1.3.2.1. Prensas de pruebas	14

1.3.2.2.	Prensas rotativas de pliegos	14
1.3.2.2.1.	Monocolores	15
1.3.2.2.2.	Bicolores	16
1.3.2.2.3.	Multicolores	16
1.3.2.3.	Prensas rotativas a bobinas	17
1.3.3.	Sistema de entintado	18
1.3.4.	Proceso de limpieza de las máquinas offset	20
1.3.4.1.	Tinteros	20
1.3.4.2.	Baterías	21
1.3.4.3.	Cilindros	22
1.3.4.4.	Elementos auxiliares	23
1.4.	Tintas litográficas	23
1.4.1.	Composición de las tintas	24
1.4.2.	Tinta y característica de la litografía offset	25
1.4.3.	Características de las tintas litográficas	25
1.5.	Disolventes	26
1.5.1.	Concepto	26
1.5.2.	Funcionamiento	27
1.5.3.	Tipos de disolventes	29
1.5.4.	Daños al medio ambiente	30
1.6.	Recuperación de disolventes	30
1.7.	Reuso, recuperación y reciclaje	31
1.7.1.	Proceso de recuperación de disolventes	32
1.7.1.1.	Destilación	34
1.7.1.2.	Decantación	34
1.7.1.3.	Filtración	35
1.7.2.	Reciclado en la planta	35
1.7.3.	Reciclado fuera de la planta	36

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	37
2.1. Descripción del proceso de limpieza en las máquinas offset	37
2.1.1. Prensa Heidelberg – 5 unidades –	38
2.1.2. Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades -	40
2.2. Uso de Disolvente	41
2.2.1. Disolvente - Wash HPL -	42
2.2.1.1. Composición	42
2.2.1.2. Ficha Técnica	43
2.2.1.3. Precio en el mercado	46
2.2.2. Cantidad consumida de disolvente	46
2.2.3. Cantidad desechada de disolvente	48
2.2.4. Tratamiento actual del disolvente sucio	49
2.2.4.1. Procedimiento	49
2.2.4.1.1. Diagrama de proceso actual	50
3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE	53
3.1. Sistema de recuperación de disolvente	53
3.1.1. Características	54
3.1.2. Funcionamiento	55
3.1.3. Proveedores de maquinaria	56
3.2. Factibilidad técnica	57
3.2.1. Análisis de índice de productividad	57
3.2.2. Estudio de distribución de maquinaria	59
3.2.3. Diagrama de proceso mejorado	60
3.3. Factibilidad financiera	62
3.3.1. Análisis de Costos	62
3.3.1.1. Valor actual neto	63

3.3.1.2. Tasa interna de retorno	66
3.3.1.3. Análisis de beneficio y costo	67
3.4. Rediseño del proceso de limpieza de las máquinas offset	67
3.4.1. Instructivo de proceso de limpieza de rodillos y mantillas para prensa de 5 unidades	68
3.4.2. Instructivo de proceso de limpieza de rodillos y mantillas para prensa de 7 unidades	72
3.4.3. Responsables	75
3.4.3.1. Prensa Heidelberg – 5 unidades -	76
3.4.3.2. Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades -	77
3.5. Proceso de desechos de la tinta	78
3.6. Seguridad y salud ocupacional	79
3.6.1. Disolventes alternativos	80
3.6.2. Protección de los trabajadores	81
4. IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA	83
4.1. Tratamiento inicial	83
4.1.1. Separación mecánica	84
4.1.2. Purificación	84
4.2. Instalación del sistema para la recuperación del disolvente	84
4.2.1. Consideraciones técnicas	85
4.2.2. Instalación mecánica	85
4.2.3. Instalación eléctrica	86
4.3. Ubicación de maquinaria para la recuperación de disolvente dentro de la planta	86
4.3.1. Plano de ubicación	87
4.4. Almacenamiento del disolvente	88
4.4.1. Requisitos de almacenamiento	88

4.4.2. Plano de ubicación de almacén	89
4.5. Buenas prácticas para el uso del disolvente	90
4.5.1. Optimización en el uso de disolvente	91
4.6. Seguridad en el manejo de disolventes	91
4.6.1. Equipo de protección personal para el uso de disolventes	92
4.7. Capacitación al personal	92
4.7.1. Guía práctica para la recuperación del disolvente	93
5. MEDIO AMBIENTE	95
5.1. Estudio de evaluación de impacto ambiental	95
5.1.1. Efectos sobre el ambiente	96
5.1.2. Medidas para reducir y controlar los impactos adversos	98
5.2. Evaluación de riesgo ambiental	100
5.2.1. Origen del riesgo	101
5.2.2. Consecuencias económicas, sociales o ambientales	101
5.3. Control y seguimiento ambiental	102
5.3.1. Registros	103
5.4. Beneficios ecológicos al reciclar, recuperar y reusar el disolvente	105
5.5. Tratamientos alternos para disolventes no tratados	106
5.5.1. Inyección profunda	107
5.5.2. Rellenos especialmente diseñados	107
5.5.3. Tratamiento biológico	108
5.5.4. Tratamiento fisicoquímico	108
5.5.5. Incineración en tierra	109
6. SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA	111
6.1. Medidas de prevención	111
6.1.1. Protección y dispositivos de seguridad	113

6.2. Control de emisiones de disolvente	114
6.2.1. Hojas de control de disolvente contaminado	115
6.2.2. Hojas de control de disolvente recuperado	116
6.3. Programa de mantenimiento de la maquinaria	116
6.3.1. Personal encargado	116
6.3.2. Mantenimiento preventivo	117
6.3.3. Mantenimiento correctivo	117
6.3.4. Mantenimiento predictivo	118
6.3.5. Mantenimiento Total	118
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Litografía	6
2.	Plancha <i>offset</i>	10
3.	Sistema <i>offset</i> – rodillos mojadores	13
4.	Prensas de pruebas	14
5.	Máquina <i>offset</i> monocolor	15
6.	Máquina <i>offset</i> bicolor	16
7.	Máquina <i>offset</i> multicolor	17
8.	Máquina <i>offset</i> rotativa de bobina	18
9.	Sistema de entintado	19
10.	Tinteros de la máquina <i>offset</i>	21
11.	Proceso de recuperación de disolventes	33
12.	Diagrama de proceso actual de manejo de desecho del disolvente <i>wash-HPL</i>	51
13.	Esquema de una recuperadora de disolvente.	56
14.	Distribución de toneles en el departamento de impresión de desechos del disolvente <i>wash-HPL</i> .	60
15.	Diagrama de proceso mejorado de manejo de desecho del disolvente <i>wash-HPL</i>	61
16.	Flujo de efectivo para el cálculo del valor actual neto.	65
17.	Plano de ubicación propuesto para la recuperadora de disolvente.	87
18.	Plano de ubicación del almacén del disolvente.	90

TABLAS

I.	Aplicación de los disolventes en diferentes sectores industriales.	27
II.	Proceso de limpieza de la prensa Heidelberg – 5 unidades –	38
III.	Proceso de limpieza de la prensa Heidelberg y Roland– 7 unidades -	40
IV.	Ficha técnica del <i>wash-HPL</i>	44
V.	Consumo mensual de disolvente <i>wash-hpl</i> en el año 2008.	47
VI.	Análisis cuantitativo de consumo y desecho del disolvente <i>wash-HPL</i> .	48
VII.	Porcentaje de recuperación de disolvente <i>wash-HPL</i>	58
VIII.	Cantidad de disolvente <i>wash-HPL</i> recuperado al mes.	58
IX.	Análisis de costos de “sin sistema de recuperación” vs “con sistema de recuperación”.	63
X.	Datos de entradas y salidas para el flujo de efectivo.	64
XI.	Análisis del VAN con tasa de interés de 9%.	65
XII.	Valor actual neto con tasas de interés de 5% y 21%.	66
XIII.	Interpolación para determinación de la tasa interna de retorno.	67
XIV.	Responsabilidades asignadas a operario, primer y segundo ayudante de Prensa Heidelberg – 5 unidades –	76
XV.	Responsabilidades asignadas a operario, primer y segundo ayudante de Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades –	77
XVI.	Identificación de efectos o impactos al no implementar el sistema de recuperación de disolvente.	96
XVII.	Identificación de beneficios al implementar el sistema de recuperación de disolvente.	97
XVIII.	Medidas para prevenir impactos ambientales.	98
XIX.	Consecuencias económicas, sociales o ambientales.	101

XX. Registro de información necesaria para el seguimiento ambiental.	103
XXI. Medidas de prevención para el sistema de recuperación de disolventes.	111
XXII. Indicadores para el control del disolvente consumido y recuperado.	115
XXIII. Personal encargado del mantenimiento de la recuperadora.	117

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
lt	Litros
°C	Temperatura en grado Celsius
Q.	Quetzales
vs.	Versus
v	Voltios
hz	Hertz
mm	Milímetros
Kg.	Kilogramos
hrs	Horas
gal	Galones
i	Interés

GLOSARIO

Alimentador	Lugar de la máquina <i>offset</i> en donde se coloca el material en blanco para ser impreso.
Bandeja descargadora	Bandeja en el cual se deposita los residuos de tinta y disolvente al limpiar la máquina <i>offset</i> .
Bidón	Recipiente con cierre hermético para transportar líquidos.
Cartón holográfico	Tipo de cartón colorido y llamativo, con efectos tridimensionales.
Cilindro impresor	Cilindro de soporte sobre el pliego de papel que va a ser impreso.
Goma arábica	Goma antioxidante para planchas de metal.
Hidrocarburos alifáticos	Disolvente obtenido por el fraccionamiento del petróleo crudo.
Liposolubilidad	Propiedad de un elemento o sustancia que es capaz de disolverse en grasas o aceites.

Nocivo	Adjetivo empleado para describir que un elemento es dañino, pernicioso, perjudicial.
Offset	Palabra en el idioma inglés que se refiere a la técnica de impresión indirecta que tiene como base la litografía.
Racleta	Ancha espátula utilizada para arrastrar la tinta hacia la bandeja descargadora.
Siderúrgica	Industria dedicada a la extracción y la transformación del hierro.
Surfactantes	Sustancia química que reduce la tensión superficial de los líquidos, facilitando la acción de un detergente.
Tambor	Recipiente metálico de forma cilíndrica utilizado especialmente para almacenar o depositar líquidos.
Valorización energética	Es la cantidad de energía que puede producir una sustancia al quemarse en presencia de oxígeno.
Volátil	Describe sustancias que son de bajo peso molecular que se evaporan rápidamente a temperaturas y presiones atmosféricas normales.

RESUMEN

La Litografía Artes e Impresiones es una empresa dedicada al diseño, elaboración y comercialización de cajas y empaques. La calidad de las cajas y empaques se hace evidente en el mercado nacional y centroamericano, por lo que se reconoce como una empresa líder en la industria litográfica centroamericana. El uso de las máquinas *offset* en el proceso litográfico conlleva el uso de sustancias químicas para la limpieza de los rodillos y la mantilla de las mismas, que comúnmente son llamadas disolventes. La función de los disolventes es remover el excedente de tinta que se utiliza para la impresión de éstos componentes de la máquina. Los disolventes son, en su mayoría, derivados del petróleo; el disolvente utilizado por la empresa litográfica en estudio es de nafta ligera.

El uso de este disolvente, así como los demás recursos, produce desechos; éstos actualmente se entregan a una persona particular para que sean desechados fuera de la empresa litográfica. Durante la investigación se observó que el promedio mensual de este desecho es de aproximadamente de 433 galones, lo cual representa una cantidad significativa que puede reutilizarse y reducir los daños que provoca en el medio ambiente; ya que dada su nocividad provoca daños en la capa de ozono, a fuentes hidrográficas y al ser humano. El costo económico de este disolvente es alto. Se encuentra en el mercado a un precio aproximado de Q. 3,500 a Q. 4,000 el tonel de 208 litros. La Litografía en estudio consume mensualmente 619 galones de este disolvente.

La producción de este tipo de residuo se puede minimizar y ser aprovechado a través de la implementación de un sistema de recuperación de disolvente y así ser reciclado mediante varios procesos con el objetivo de reutilizarlo o mezclarlo para creación de combustibles alternos. El proceso propuesto para la recuperación de este disolvente es el

de destilación al vacío, donde el disolvente se separa en forma de condensado de las tintas u otros pigmentos; y éstos permanecen en el fondo del destilador.

El sistema de recuperación del disolvente consiste en los siguientes procesos: (1) El tratamiento inicial, colocando el disolvente en un bidón para que repose por dos días y posteriormente se realice la separación mecánica; (2) la separación mecánica, que consiste en remover los sólidos suspendidos del disolvente; (3) la purificación, recuperando el disolvente a través de destilación al vacío (4) Almacenaje del disolvente recuperado para su reutilización y (5) el desecho de los sólidos se destinan a tratamiento final.

Además, dentro del sistema se encuentra la implementación de buenas prácticas para el uso del disolvente, prácticas de seguridad en el manejo de éste y el control del disolvente recuperado desde el punto de vista ambiental y administrativo.

Para determinar si este sistema es viable técnicamente y económicamente, se realizó un análisis a través de mediciones de desecho, pruebas de destilación, cálculos del porcentaje de recuperación y análisis financieros. Con este análisis se determinó que mensualmente se puede recuperar una cantidad de 368 galones lo cual indica que existe un 85% de eficiencia en la recuperación del disolvente y aumenta un 60% de la productividad de este recurso. Este sistema produciría un ahorro anual de Q. 259,548.56 y la inversión inicial tendría un tiempo de recuperación de 4 meses. Los resultados demuestran que esta propuesta es viable tanto técnica como económicamente.

El índice de contaminación que provoca este disolvente también se reduce, por lo que se obtiene un beneficio de dos vías: la disminución en el impacto ambiental del producto para la sociedad y la reducción en costo económico del mismo para la empresa.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Desarrollar un sistema que permita obtener disolvente limpio de los residuos de disolvente contaminado con tintas u otras sustancias mediante un sistema de recuperación para la reutilización.

ESPECÍFICOS:

1. Definir los tipos de disolventes que se emplean en la industria litográfica.
2. Identificar las principales actividades dentro del proceso de impresión que generen disolvente contaminado.
3. Determinar el tratamiento actual del disolvente contaminado en la industria litográfica.
4. Evaluar la factibilidad de implementar un sistema de recuperación de disolvente.
5. Reducir costos en la compra del disolvente optimizando su uso.
6. Minimizar la contaminación ambiental mediante un sistema de recuperación de disolvente.

7. Establecer un sistema de control para el monitoreo del reciclado y reutilización del disolvente recuperado.

INTRODUCCIÓN

En la industria litográfica se emplean recursos que no son parte del producto pero que son necesarios para su impresión. Dentro de estos recursos se encuentran algodón, “wype”, alcohol, agua, disolventes, pasta para cambios de color, placas y mantillas.

El disolvente es uno de los materiales que se consume y desecha en grandes cantidades, el cual se utiliza para el lavado de los rodillos y mantillas de las máquinas offset antes de iniciar el proceso de impresión. Este disolvente elimina las tintas adheridas a los rodillos y mantillas hasta dejarlos sin tinta.

Los disolventes usados para esta actividad pueden ser de nafta, xileno, acetona, metanol, tolueno, metil etil cetona, tricloroetano y etil benceno. Muchas industrias aún desconocen que estos disolventes pueden ser reciclados para su reutilización, con lo cual se reduciría el consumo de este y minimizarían los costos en su compra.

Para ello se considera que un sistema de recuperación de disolvente es una solución viable y rentable a la generación de este tipo de residuo. Se refleja un ahorro al reducir al mínimo la compra de disolvente.

El sistema de recuperación consiste en emplear tecnología de tratamiento final de línea para el reciclado, recuperación y reutilización del disolvente. Esta tecnología consiste en equipos que realizan métodos de separación como la destilación, decantación y filtración.

Será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que está interesado en el manejo y optimización de recursos, tratamiento de líquidos volátiles, en reciclaje de disolventes y en el ámbito de protección al medio ambiente.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Este capítulo proporciona información general de la empresa: historia, misión, visión, los productos que fabrica, valores bajo los cuales laboran y el organigrama. Además, se incluye la descripción del sistema de impresión *offset*, descripción de las máquinas *offset*, elementos como tintas y disolventes, y sobre la recuperación de los disolventes empleados en este tipo de industrias.

1.1 Descripción de la empresa

La Litografía Artes e Impresiones es una empresa líder en la industria centroamericana, se dedica al diseño, fabricación y comercialización de cajas plegadizas de cartón, etiquetas de papel, papel de regalo e impresiones promocionales.

Actualmente, la Litografía cuenta con la capacidad de producir cajas plegadizas para armado manual y cajas para empaque mecánico con máquinas empacadoras de alta velocidad. También tiene la capacidad de producir etiquetas de precisión para etiquetado automático, con acabados que van desde la aplicación de barnices acuosos, brillantes y mates, hasta barnices ultravioleta de alto brillo, impresiones sobre cartón metalizado y holográfico, así como estampados al calor con *foil* metálico.

La empresa cubre las exigencias del mercado a través de la variedad de empaques de alta calidad, siendo sus ventas un 70% en el mercado nacional y un 30% en el mercado internacional como Centroamérica y el Caribe. Unos de sus objetivos es ingresar en el mercado mexicano y estadounidense.

1.1.1 Historia

La Litografía fue fundada el 8 de febrero de 1926 por personas con la inquietud de invertir y ser pioneros en la industria del arte gráfico en Guatemala, su ubicación inicial fue en la 9ª. Calle 10-23 zona 1.

En 1930 la empresa cambió de razón social, y operó de esta manera hasta 1952, año en que falleció el fundador y asume la dirección de la Litografía su hijo. En 1970 la Litografía pasa a formar parte de un Grupo Corporativo de empresas que se dedican a la fabricación de empaques, nuevamente cambia la razón social que es la que se mantiene hasta la fecha.

En el año 1977, se traslada a las nuevas instalaciones ubicadas en la 48 avenida 3ª calle zona 7 de Mixco, donde se encuentra actualmente. Al realizarse este traslado se renovó el equipo obsoleto y se aumentó la capacidad instalada para tener la disponibilidad suficiente para cumplir con demandas de grandes volúmenes garantizando siempre la calidad del mismo y ser siempre los líderes en el mercado.

1.1.2 Misión

La misión de la Litografía es la siguiente:

“Mantener el liderazgo en Centroamérica en el negocio de cajas plegadizas y mejorar continuamente nuestra competitividad en el mercado mundial con una organización ágil, orientada hacia la rentabilidad y satisfacción del cliente.”

Para lograrlo ofrecen:

- A los clientes

La satisfacción total de sus necesidades, de acuerdo a los requerimientos establecidos, a través de la innovación constante de los procesos, productos y servicios.

- A los proveedores

Una relación de largo plazo fundamentada en la comunicación estrecha y el trabajo en equipo.

- A los empleados

La oportunidad de un continuo desarrollo personal, en un ambiente participativo, saludable y seguro.

- A la comunidad

El compromiso de ser buenos ciudadanos y de contribuir a mejorar la calidad de vida de los guatemaltecos.

La misión será alcanzada a través de la integridad en todos los negocios que se hacen, tanto interno como externo, los cuales deben fundamentarse sobre una base de equidad, confianza y cooperación mutua.

1.1.3 Visión

La visión de la empresa es:

“Ser una corporación líder en todo tipo de empaque en Centroamérica”.

1.1.4 Política de calidad

La Litografía ha definido la siguiente política de calidad como un medio para conducir a la organización hacia la mejora continua:

“Todos en la Litografía, estamos comprometidos a lograr la completa satisfacción de nuestros clientes, a través del mejoramiento continuo de la calidad de nuestro trabajo, productos y servicio.”

1.1.5 Código de valores

Los valores que practica el personal de la Litografía son los siguientes:

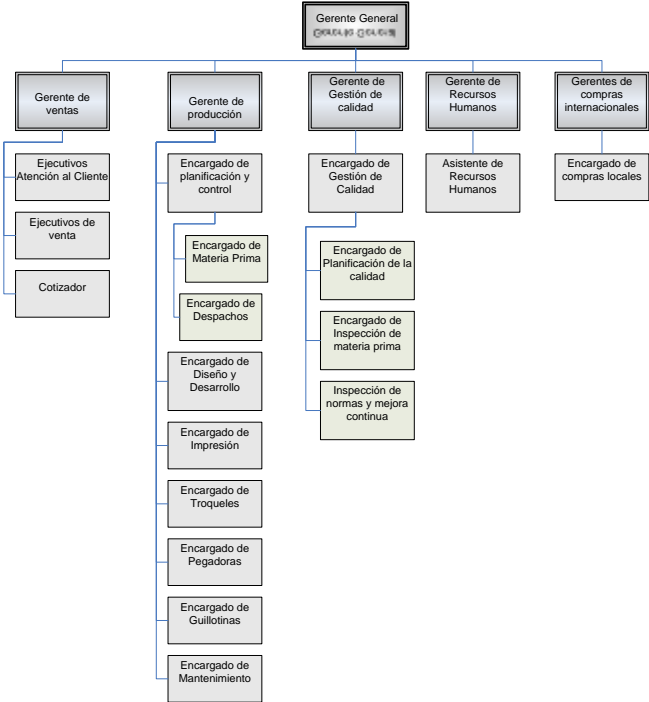
- a. Innovación: la necesidad de buscar constantemente maneras nuevas de hacer las cosas que se hacen y de buscar cosas nuevas que al hacerlas, conduzcan hacia el éxito.
- b. Integridad: que todo lo que se hace se debe hacer de manera honesta, transparente y franca, evitando situaciones que puedan poner en peligro el bienestar y la reputación tanto de la compañía, como de aquellos que la conforman.
- c. Servicio al cliente: que la mejor manera de alcanzar y conservar el liderazgo en el mercado es excediendo constantemente las expectativas de los clientes con calidad, soporte técnico y entrega oportuna en todos los productos.
- d. Simplicidad: hacer las cosas de la manera más simple y posible, evitando papeleos y pasos innecesarios que perjudican el nivel de servicio a los clientes y que no contribuyen al crecimiento y a la rentabilidad de la empresa.
- e. Comunicación abierta: expresar las ideas y discutir las, abierta y directamente, así se encuentran mejores soluciones y se toman mejores decisiones.
- f. Lealtad: es absolutamente inaceptable traicionar la confianza depositada en el personal por la empresa y por los compañeros, pues al hacerlo se obstaculiza el crecimiento rentable del negocio se pierde.
- g. Responsabilidad social: actuar de manera responsable para con la sociedad en la que se desenvuelve, cumpliendo en todo momento con

las leyes del país y actuando responsablemente para con los clientes, proveedores, para con el medio ambiente y para con el personal.

1.1.6 Organigrama

A través del organigrama de la Litografía se muestra los niveles jerárquicos, las líneas de autoridad y responsabilidad, los niveles formales de comunicación, y las relaciones que deben existir entre los diversos departamentos de la Litografía, la cual conforma una estructura de tipo funcional vertical, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Organigrama de la Litografía



Fuente: Litografía Artes e Impresiones

1.2 Productos

La línea de producto que se enfoca primordialmente esta Litografía es a:

- Etiquetas
- Afiches
- Impresos comerciales
- Cajas plegadizas
- Bolsas de papel.
- Papel de regalo

La mayoría de los productos que fabrica esta Litografía cumplen la función de empaque para productos nacionales e internacionales, en la mayoría de alimentos, cigarrillos, bebidas alcohólicas, pastas dentífricas entre otros.

1.3 Sistema impresión *offset*

El sistema de impresión *offset* es un sistema mediante el cual se imprime una imagen con presión sobre la superficie de una matriz previamente entintada al ponerla en contacto con una hoja de papel, cartón u otro material imprimible.

El vocablo inglés *offset* de uso internacional, que significa también ceder, soltar, en la corriente terminológica gráfica indica el procedimiento de impresión indirecta que se obtiene mediante una sucesión y doble cesión de la imagen que se imprime; la plancha la cede el caucho y éste al papel.

Es precisamente esta característica la que confiere una calidad excepcional a este tipo de impresión, puesto que el recubrimiento de caucho del rodillo de impresión es capaz de impregnar, con la tinta que lleva adherida, superficies con rugosidades texturas irregulares. Obviamente, esto es debido a las propiedades elásticas del caucho que no presentan los rodillos metálicos.

La litografía es un proceso que utiliza el sistema de impresión *offset*, que se basa en el principio de que el agua y el aceite no se mezclan fácilmente, por lo cual dicho proceso utiliza un sistema de rodillos mojadores y un sistema de rodillos entintadores con los cuales se mantiene estable la proporción adecuada de la tinta y de solución mojadora respectivamente.

Este tipo de impresión es el más utilizado en las grandes tiradas de volumen, debido a sus evidentes ventajas de calidad, rapidez y costo, lo que permite trabajos de grandes volúmenes de impresión a precios muy reducidos.

1.3.1 Elementos de la impresión *offset*

Como en todos los procesos existen factores o elementos esenciales que al faltar no podría llevarse a cabo el proceso. En la impresión *offset*, se integran cuatro elementos esenciales: la forma o matriz, el soporte, la tinta y la solución de mojado.

1.3.1.1 La forma o matriz

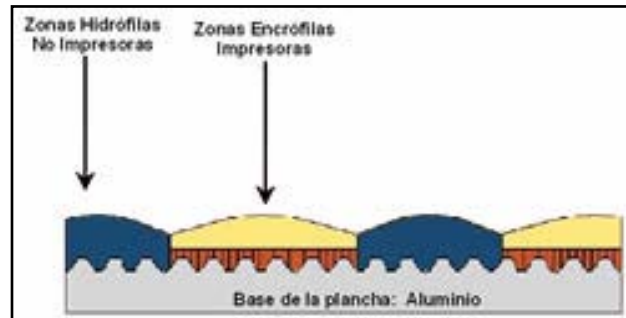
La forma o matriz es comúnmente conocida como plancha offset, el cual es el molde que se utiliza en la máquina *offset*. Existe una gran variedad de ellas, aunque las más definidas en nuestro mercado son las de aluminio y las de polimetálicas.

Sobre la plancha se dispone una película, con las imágenes o textos a imprimir y se expone a la luz. La plancha recibe la luz solo en las partes que quedaron al descubierto. Gracias a un tratamiento las partes no impresoras se tornan hidrófilas (absorben el agua) y en cambio repelen la tinta; en las partes que no ha pasado la luz se le realiza otra emulsión para que se tornen lipófilas (receptivas de grasa y repelentes de agua) éstas zonas serán las que se impriman, como se muestra en la Figura 2.

La base del sistema es, pues, mantener en contacto sobre la misma superficie dos materiales de características tan diferentes como la tinta (materia grasa) y el agua.

El llamado equilibrio agua/tinta es la desventaja más grande del sistema *offset*, dado que afecta directamente a la calidad del impreso. Un exceso de agua puede llevar a una excesiva emulsificación de la tinta y un contenido de agua en defecto puede evitar la correcta transferencia de tinta a la mantilla de caucho y posteriormente al papel.

Figura 2. Plancha *offset*



1.3.1.2 El soporte

El soporte principal utilizado en la impresión *offset* es el papel.

La celulosa es el principal componente del papel, éstas forman fibras entrecruzadas y un tejido con multitud de huecos de aire. Los espacios llenos de aire ocupan un volumen considerable, hasta el 60 ó 70 % del total.

El papel contiene en menor proporción, cargas minerales, y una sustancia aglomerante, el almidón. El encolaje interno del papel le confiere resistencia al agua.

Normalmente se realiza otro encolaje superficial, con el objetivo de controlar la absorción de tinta en la impresión y, así, evitar el desprendimiento de fibras. Características como la opacidad o planeidad, se logran con otros tratamientos posteriores o aditivos diferentes.

El papel es un material que absorbe o cede humedad con los cambios de humedad relativa de la atmósfera. Los cambios por humedad en el papel producen cambios dimensionales, provocando una serie de distorsiones de la hoja; éstas ocasionan faltas de registro en la impresión y, en caso extremo, arrugas en las hojas al pasar entre los cilindros.

Para conseguir una buena impresión sobre el papel no sólo se necesitan condiciones suficientes de imprimibilidad, sino que, además, debe contar con características físicas adecuadas para que pueda alimentar la máquina *offset* y pasar la hoja a través del cuerpo impresor sin ningún problema. Estas características son: dirección de fibra, densidad, encolaje superficial, resistencia al arrancado, porosidad, planeidad, rugosidad, estabilidad dimensional.

1.3.1.3 La tinta

Es el elemento colorante que recibe la matriz para ser trasladado al papel. La calidad, brillo e intensidad final del área impresa dependerán de las características de la tinta. Éstas son de consistencia pastosa, y están compuestas por dos elementos esenciales: el barniz y el pigmento. El barniz es el que transporta el pigmento y lo fija sobre el papel, puede estar compuesto por aceite de linasa cocido o por aceites y resinas sintéticas.

Las tintas para la impresión *offset* necesitan algunas singularidades, como que no se disuelvan en el agua de mojado, que su intensidad no se suavice en presencia de humedad y que no sean abrasivas para no provocar desgaste en la plancha. Debe poseer extrema finura, ya que la película de tinta que se traslada al papel es muy fina.

Las tintas *offset* deben contar con otros componentes como los agentes secantes, los suavizantes, las resinas, etc., con el fin que sean apropiadas para la superficie que se quiere imprimir, al tipo de máquina que se empleará en la impresión y al uso final del producto impreso.

1.3.1.4 La solución de mojado

El agua que se utiliza industrialmente o domésticamente no es completamente pura. Durante su recorrido por aire y tierra, el agua de la lluvia absorbe diversos gases y minerales.

A estas aguas, que se utilizan para establecer las zonas de no impresión, deben de controlarse algunas características para una correcta impresión, como la dureza, el pH, la tensión superficial, etc.

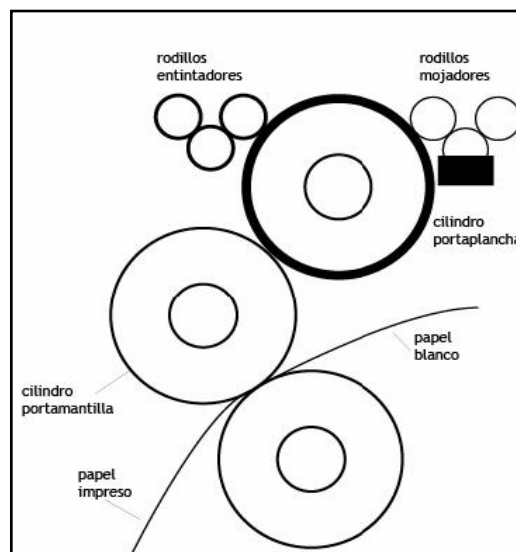
La solución mojado está compuesto principalmente por agua con algunos aditivos, entre ellos el alcohol isopropílico.

La solución mojado es trasladada a la forma impresora a través de una serie de rodillos mojadores, que están colocados junto al cilindro portaplancha (Ver Figura 3). Estos rodillos, llamados batería de mojado o sistemas de humectación, transmiten una capa delgada y homogénea de agua a la plancha con el objetivo de que las zonas no imagen de la forma impresora no queden entintadas.

La cantidad de agua como tinta deberá ser el mínimo posible, con el fin de controlar con mayor garantía el equilibrio agua – tinta.

Una cantidad excesiva de solución mojado o una incorrecta preparación de la misma provoca problemas de emulsionado, distorsiona el equilibrio agua-tinta y altera el color deseado.

Figura 3. Sistema *offset* – rodillos mojadores



Fuente: www.gestiondecolor.com

1.3.2 Clasificación de las máquinas *offset*

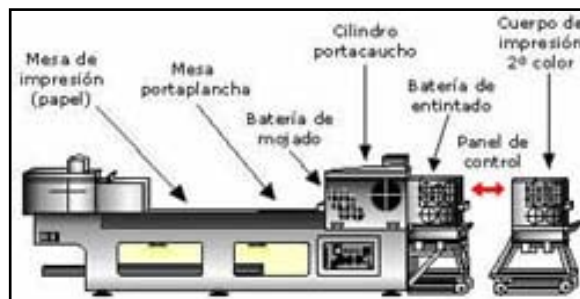
Para la impresión *offset* existen diversos tipos de máquinas, más comúnmente denominadas prensas. Las prensas se clasifican según la forma en que se alimenta y su configuración. Los tipos de prensas que existen son:

- Prensas de pruebas
- Prensas rotativas de pliego
- Prensas rotativas a bobinas

1.3.2.1 Prensas de pruebas

Son máquinas con una estructura planocilíndrica y poseen muy poca automatización. Generalmente se emplean en talleres de fotomecánica para la elaboración de pruebas de impresión. Actualmente su uso es muy poco.

Figura 4. Prensas de pruebas



Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

1.3.2.2 Prensas rotativas de pliegos

Las prensas de pliegos cuentan con un área completamente separada de la prensa donde se realiza el corte de conversión de rollo a pliego. Los pliegos se apilan y se transportan al alimentador de la prensa para ser impresos una tras otra.

La velocidad de producción de una prensa rotativa de pliegos puede ser de los 2,000 a 15,000 pliegos por hora.

Las prensas rotativas de pliegos se clasifican según el tipo de trabajo que realizan.

1.3.2.2.1 Monocolores

La configuración de estas máquinas son más simples en comparación de las otras; para imprimir más de un color debe realizarse posteriores pasadas por la máquina. Se obtiene buena accesibilidad y un buen control de la hoja impresa debido a su configuración.

Figura 5. Máquina *offset* Monocolor

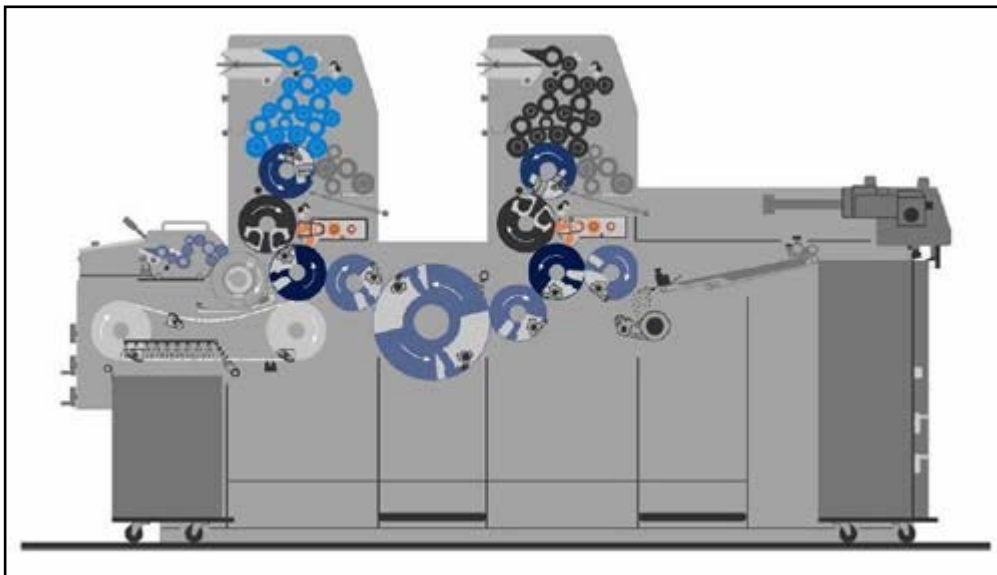


Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

1.3.2.2.2 Bicolores

Estas máquinas imprimen dos colores en una sola pasada. Existe un inconveniente que debe controlarse cuando se imprime el segundo color, ya que cuando éste color se imprime aún no se ha secado el primero. Esto provoca duplicidad en la impresión.

Figura 6. Máquina *offset* Bicolor



Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

1.3.2.2.3 Multicolores

Imprime tres o más colores en una sola pasada. Se emplean para realizar el producto acabado por una de sus caras. Con estas máquinas se logra un mejor control en la intensidad de los colores y en el registro.

Para establecer el orden de impresión de los colores, es necesario conocer el orden creciente a su cantidad de tinta.

Figura 7. Máquina *offset* Multicolor



Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

1.3.2.3 Prensas rotativas de bobinas

Estas prensas imprimen bobinas o rollos de papel o cartón con los que se alimenta a la máquina en forma continua. La bobina impresa puede pasar después, en forma directa, por diferentes procesos, para lograr un producto terminado.

La mayoría de las prensas rotativas de bobinas son multicolores y pueden trabajar con diferentes anchos de la bobina de papel o cartón. Los procesos de acabado en una prensa rotativa de bobinas dependen del tipo de producto que se desea. Se emplean en la industria editorial, en impresión de periódicos, de formas continuas y de etiquetas.

El rendimiento de una rotativa de bobinas es cinco veces mayor al de una máquina de pliegos.

Figura 8. Máquina *offset* rotativa de bobina



Fuente: www.mullermartini.com.mx

1.3.3 Sistema de entintado

El sistema de entintado consiste en trasladar a la plancha, de manera continua y uniforme, la tinta necesaria para la impresión. El funcionamiento del sistema entintador influye mucho en la calidad de impresión.

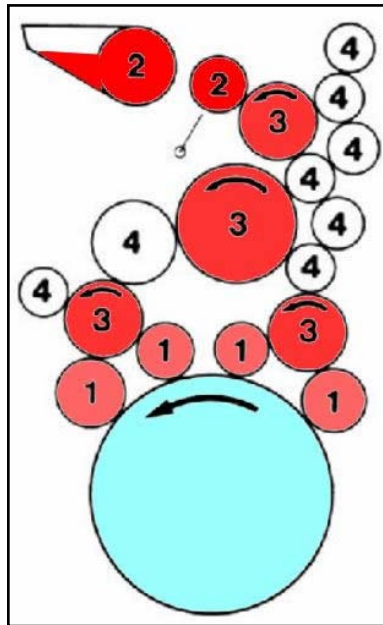
Las principales funciones del sistema de entintado son:

- Batir la tinta para convertirla de un estado plástico a un estado semilíquido.
- Distribuir una capa delgada a los rodillos dadores.
- Colocar una fina película uniformemente igualada sobre las áreas de impresión.

- Eliminar la solución de mojado de la plancha litográfica, dispersar en gotas parte de esta solución en la tinta y permitir la evaporación del resto.
- Quitar, de la plancha litográfica, todas las partículas sueltas de materias extrañas.

En la Figura 9 se muestra el sistema de entintado de una máquina *offset* que está compuesto por: los rodillos dadores (1), el tintero (2), las mesas distribuidoras (3), los rodillos distribuidores (4).

Figura 9. Sistema de entintado de una máquina *offset*



Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

1.3.4 Proceso de limpieza de las máquinas *offset*

El proceso de limpieza es una serie de actividades que permite poner en condiciones de impresión la máquina *offset*. A este proceso se le llama “Limpieza para arreglo de prensa”.

Generalmente, la limpieza se debe a que en cada cambio de proceso de impresión de un producto se cambia el color de la tinta, lo que implica la limpieza de los tinteros y de otros elementos como la batería, la mantilla y las placas litográficas.

A continuación se describe el proceso de limpieza de cada elemento: tinteros, baterías, cilindros y elementos auxiliares.

1.3.4.1 Tinteros

Los tinteros es la parte de la máquina *offset* donde se coloca la tinta para la impresión, como se muestra en la Figura 10. Este es el primer elemento a limpiar dentro del proceso de limpieza de la máquina *offset*.

La limpieza de este elemento es importante, ya que no debe quedar residuos de tinta en los tinteros. Se debe evitar que al colocar la tinta del siguiente proceso de impresión, el color de la tinta no sea el adecuado o solicitado por el cliente.

El primer paso para la limpieza de los tinteros es cerrar el paso de tinta a los rodillos entintadores. El siguiente paso es retirar la tinta de los tinteros para proceder a la limpieza de los rodillos entintadores y el resto de elementos. Para la limpieza de los tinteros se utilizan disolventes.

Figura 10. Tinteros de una máquina *offset*



Fuente: www.electrografica.com

1.3.4.2 Batería

La batería es el conjunto de rodillos distribuidores del sistema de entintando y de humectación en las máquinas *offset*. La batería de rodillos se encarga de proveer y regular a la superficie de la plancha litográfica la cantidad necesaria tanto de tinta como de agua.

La limpieza de la batería, al igual que el tintero, consiste en dejar sin tinta los rodillos para evitar que en el siguiente proceso de impresión queden residuos de tinta que afecten el color o la impresión del producto.

En la limpieza de la batería se emplea disolvente y una pasta que sirve para cambios de color. Para la limpieza de la batería se necesita que la máquina *offset* esté girando.

1.3.4.3 Cilindros

Los cilindros de las máquinas *offset* lo comprenden el cilindro de la plancha litográfica, el cilindro de la mantilla y el cilindro impresor.

El cilindro de la plancha litográfica está ubicado generalmente en la parte superior de la máquina para su fácil acceso. Sus principales funciones son:

- Sostener la plancha litográfica con la tensión adecuada y en su lugar.
- Asegurar la plancha mientras los rodillos entintadores están en contacto con ésta y le aplican la tinta a las áreas de impresión.
- Ayudar a transferir la imagen entintada a la mantilla.

El cilindro de la mantilla es sobre el cual va montada la mantilla. Sus principales funciones son:

- Sostener la mantilla de caucho en contacto con la imagen entintada del cilindro de la plancha.
- Trasladar la película de tinta de la imagen al papel.

Y el cilindro impresor es el encargado de transportar el papel dentro de la unidad de impresión. La presión de contacto del cilindro de la mantilla traslada la impresión al papel.

La limpieza de los cilindros es para retirar la tinta de la mantilla, de la plancha y del rodillo impresor. Para ello se emplean disolventes.

1.3.4.4 Elementos auxiliares

Dentro de los elementos auxiliares se menciona las bandejas descargadoras de tinta.

Estas bandejas están ubicadas debajo del tintero y se colocan antes de limpiar la batería, en ella se deposita todo el residuo de líquido de limpieza con tinta durante el proceso de limpieza.

Al finalizar la descarga de la limpieza de la batería se retiran las bandejas descargadoras y se limpian con alcohol para limpiar la tinta y los líquidos de limpieza que se emplearon en la limpieza de la máquina *offset*.

1.4 Tintas litográficas

Las tintas son sustancias elaboradas a base de grasas y aceites semisecantes, compuestas por materiales sólidos. Se aplican en diversos materiales como papel bond, papel periódico, cartón, etc.

1.4.1 Composición de las tintas

Las tintas poseen componentes líquidos y sólidos que cumplen diversas funciones que le dan características especiales a la tinta.

Las principales sustancias de su composición son ingredientes fluidos (vehículos), ingredientes sólidos (pigmentos) e ingredientes misceláneos tales como: resinas, ceras, grasas, aceites lubricantes, antioxidantes y otros. La descripción de estos componentes es:

- Resinas. Su función es rodear al pigmento mediante una película, esto lo protege de cualquier rozamiento y lo fija al papel. Proporciona el brillo a la tinta.
- Ceras. Le proporcionan resistencia al roce a la tinta al quedar seca. Evita que se manche o pegue el pliego de papel al apilarlos.
- Grasas y aceites lubricantes. Su función es reducir la viscosidad y la tensión superficial de la tinta. Favorecen el secado inicial de la misma.
- Antioxidantes. Ayuda a que la tinta seque uniformemente. Evita la formación de piel en la prensa (secado superficial de la tinta).
- Pigmentos. Le proporciona el color y el cubrimiento a la tinta; además propiedades como gravedad específica, opacidad, transparencia, insolubilidad en el agua, permanencia a la luz y resistencia al calor. Se clasifican en pigmentos negros, pigmentos blancos y pigmentos de color.

- Vehículo. Es la vía por el cual se esparcen los pigmentos y aditivos. Se elaboran a base de hidrocarburos de cadena larga. Es una mezcla equilibrada de resinas, aceites lubricantes, aceites secantes y minerales.

1.4.2 Tinta y característica de la litografía *offset*

La composición de la tinta la influyen dos características de la impresión litográfica:

- La impresión de capas de tinta muy delgadas, exige que el poder colorante de las mismas sea muy alto, es decir, debe tener gran concentración de pigmentos. Al mismo tiempo la tinta debe ser fluida para ser trasladada de rodillo en rodillo.
- La tinta debe trabajar correctamente al estar en contacto con el agua de mojado o solución fuente. Durante el proceso, la tinta se puede mezclar con el agua hasta cierto porcentaje. Esto ocurre porque el agua de mojado cubre toda la placa. La tinta no debe perder sus propiedades por esta causa.

1.4.3 Características de las tintas litográficas

Las características necesarias para el buen funcionamiento de las tintas litográficas son las siguientes:

- Buenas propiedades de flujo de fluidos
- Tolerancia al agua de mojado hasta un 20% en volumen.
- Alto poder colorante en capas finas.
- Presencia de partículas finísimas de pigmentos dispersados.
- Insolubilidad en agua y ácidos orgánicos e inorgánicos débiles.
- Corto tiempo de secado en el papel
- Que no se seque estando aún en los rodillos.

1.5 Disolventes

Los disolventes son compuestos químicos de distinto origen y naturaleza, sus propiedades físicas y químicas permiten su uso como pegamentos, pinturas, barnices y líquidos de limpieza.

En la industria litográfica son empleados como líquidos de limpieza, se emplean para el lavado de los rodillos y mantillas de las máquinas *offset*, removiendo de éstos los residuos de tintas que se emplean en el proceso de impresión.

1.5.1 Concepto

El disolvente es una sustancia que puede destruir la anexión de las moléculas de un cuerpo soluble. En otras palabras es aquel componente que se encuentra en mayor proporción en una mezcla homogénea y disuelve ciertas sustancias.

Generalmente es un líquido volátil, que disuelve, sin cambios químicos, los ligantes y los restantes componentes solubles en un adhesivo, barniz, pintura, etc.

1.5.2 Funcionamiento

La función del disolvente en la industria es amplia. Algunas de sus funciones son:

- Agente de limpieza. Disuelve las grasas y las elimina por extracción y evaporación.
- Vehículos para la aplicación de otras sustancias
- Agentes extractores. Extrae sustancias mezcladas con otras no solubles.

En la Tabla I se presenta algunos de las aplicaciones del disolvente en diferentes sectores industriales.

Tabla I. Aplicación de los disolventes en diferentes sectores industriales

Industria	Aplicación	Disolvente comúnmente usado
Pinturas	Materia prima, diluyente	Tolueno, acetatos y cetonas
Textil	Diluyentes y limpieza de máquinas	Acetona, ciclohexano, pentaclorofenol, percloroetileno
Alimenticia	Extracción de aceites y	Ciclo-hexano, sulfuro de carbono

	grasas	
Siderúrgica	Limpieza y desengrasado de piezas	Tricloetano, cloruro de metileno, benceno
Calzados	Disolventes de colas y pegamentos	Mezcla de hexanos
Plástica y caucho	Disolventes de materias primas y de transformación	Dimetil-formamida, cloroformo y acetona, dicloroetano
Madera	Preservantes, disolventes de lacas y barnices	Pentaclorofenol, tolueno
Cosmética	Como dispersante	Isopropanol, etanol, cloroformo
Limpieza en seco	Como agente de limpieza	Percloroetileno, tetracloroetileno, clorobenceno
Litografías	Limpieza de prensa, rodillos y diluyentes de tintas que requieren rápido secado	Disolventes de petróleo, acetato de butilo, etanol, xileno, tolueno, benceno
Farmacéutica y agroquímicos	Como vehículo del principio activo	Butanol, cloruro de metileno, cloroformo, metanol, etanol
Industria fotográfica	Como diluyente	Acetona, etanol
Laboratorios	Como disolventes de estándares, en solventes de extracción y concentración	Acetona, hexano, isopropanol, etanol, acetonitrilo.

Como se observa en la Tabla I la función de los disolventes en la industria litográfica es la de agente de limpieza ya que se utiliza para disolver la tinta del tintero, de los rodillos entintadores, de la mantilla, de los rodillos de la batería y del cilindro impresor.

1.5.3 Tipos de disolventes

Generalmente los disolventes pueden ser de dos tipos: disolventes halogenados y disolventes no halogenados.

Los disolventes halogenados son menos inflamables, poseen mayor densidad, viscosidad y mayor persistencia en comparación con los no halogenados. Dentro de este grupo, los que más se utilizan son los clorinados, como es el caso de tricloroetileno, percloroetileno, diclorometano y cloroformo.

Dentro de los disolventes no halogenados se encuentran:

- Los derivados del petróleo: como hidrocarburos alifáticos (ejemplo de ellos, el hexano, el cicloalcanos y el octano) y aromáticos (como por ejemplo el tolueno, xileno, nafta, benceno y alquil bencenos).
- Los oxigenados: alcoholes, cetonas, éteres y ésteres (como por ejemplo etanol, metanol, acetona, metil iso butil cetona y butil-eter).

1.5.4 Daños al medio ambiente

La mayoría de los disolventes que se emplean en procesos industriales producen efectos nocivos sobre el ambiente. Son considerados peligrosos por sus propiedades de inflamabilidad, liposolubilidad y volatilidad, con liberación de vapores inflamables, tóxicos y explosivos.

La emisión de vapores de algunos disolventes contribuye a la degradación de la capa de ozono. Por otro lado en presencia de combustiones y luz solar actúan como precursores de la formación de ozono ambiental, lo cual produce efectos nocivos sobre la salud de la población y sobre el crecimiento de la vegetación, ya que interfieren en la actividad fotosintética y en el metabolismo general de las plantas.

Además, la descarga de estos disolventes al medio ambiente provoca contaminación en el agua subterránea y acumulación de gases invernaderos.

El mal manejo de los disolventes aumenta los riesgos para la salud y el medio ambiente, sin embargo, al tomar las precauciones debidas en cada etapa del ciclo de vida del disolvente los riesgos pueden ser minimizados.

1.6 Recuperación de disolventes

Por razones de economía y el control de la contaminación que los disolventes provocan, las industrias han investigado las técnicas para la recuperación y reutilización de este recurso.

Los disolventes sucios pueden ser recuperados mediante varios procesos con el propósito de reusar el producto como disolvente o como combustible alternativo. Es importante reconocer que estas aplicaciones deben evaluarse con todo detenimiento y tener cuidado de que las características de los desechos correspondan a las posibilidades del proceso en que se propone efectuar su recuperación o combustión.

En caso no sea adecuado recuperar los disolventes para su reutilización, éstos pueden emplearse como combustible en hornos de cemento de alto consumo energético y en sistemas de calderas generadoras de vapor.

1.7 Reuso, recuperación y reciclaje

Dentro de las estrategias para el manejo de desechos hay tres actividades de las cuales debe centrarse: reuso, recuperación y reciclaje. Estas actividades pueden aplicarse en el desecho del disolvente sucio.

- Reuso. Uso del disolvente en un segundo proceso sin un tratamiento previo o procesado (disolvente usado en calderas de vapor o como combustible).

- Recuperación. Tratamiento para extraer el disolvente que será empleado en otro proceso. (Disolvente para limpieza superficial de las máquinas).

- Reciclaje. Regeneración del disolvente sucio después de un proceso de reprocesado importante para ser empleado nuevamente. (Destilación y decantación).

Los beneficios al realizar estas tres actividades, conocidas como las 3 R`s, son:

- Reducir gastos en la disposición de desechos.
- Reducir costos de la materia prima
- Generar ganancias asociadas a la venta de desechos (como subproductos).
- Se pueden realizar dentro o fuera de la planta.

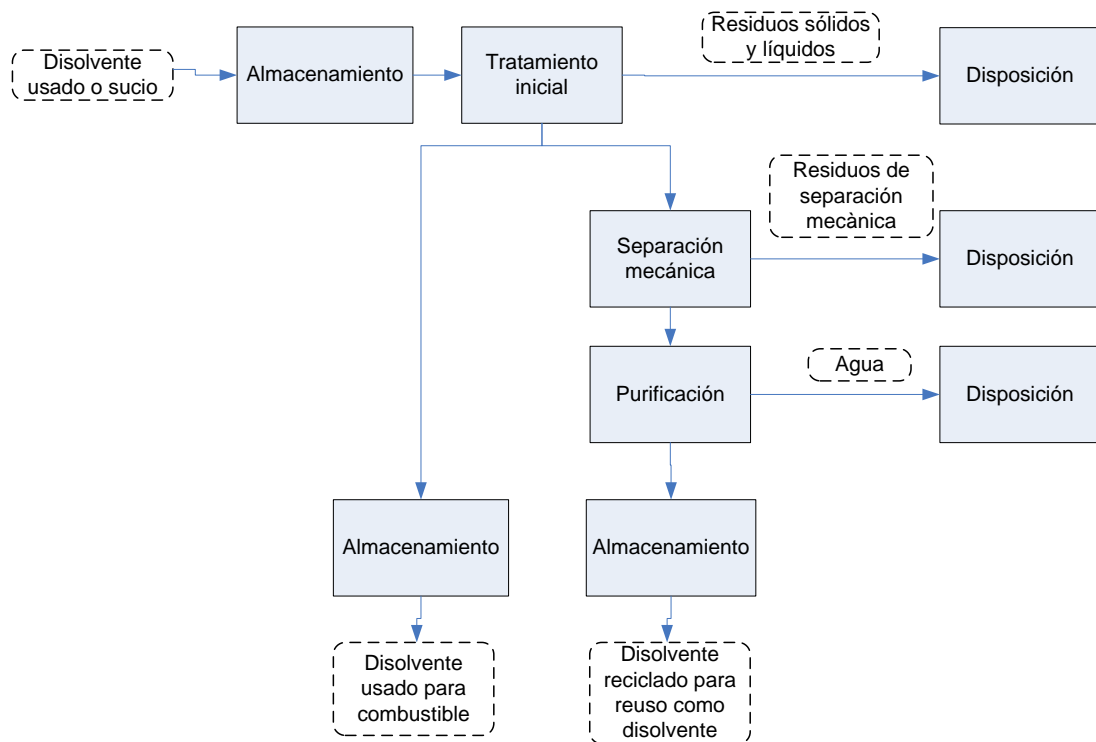
1.7.1 Proceso de recuperación del disolvente

El proceso de recuperación de disolventes incluye operaciones unitarias, las cuales son:

- Almacenamiento. Los disolventes son almacenados antes y después de su recuperación. Generalmente se almacenan en contenedores con capacidad de 208 lt (tambores) y de 1000 lt (bidones plásticos).
- Separación mecánica. Los disolventes sucios son inicialmente tratados mediante separación mecánica para remover las partículas suspendidas.
- Purificación. En esta operación se emplea un proceso químico como la destilación.

En la Figura 11 se muestra el proceso de recuperación del disolvente empleado ya sea para su reuso como disolvente reciclado o como combustible.

Figura 11. Proceso de recuperación del disolvente



Fuente: Documento de Recuperación de Solventes de la Comisión Chilena del Medio Ambiente

Las técnicas más utilizadas para separar los contaminantes de los disolventes son la decantación y destilación.

1.7.1.1 Destilación

Es una de las técnicas más utilizadas para la separación del disolvente de las partículas suspendidas, en este caso pigmentos de tinta.

Esta técnica consiste en separar los componentes de las mezclas basándose en las diferencias en los puntos de ebullición de dichos componentes. Un compuesto de punto de ebullición bajo se considera volátil en relación con los otros componentes con puntos de ebullición mayor.

Los tipos de destilación más comunes son la destilación simple, destilación fraccionada, destilación con arrastre con vapor y destilación al vacío.

1.7.1.2 Decantación

Esta técnica es también una de las más utilizadas en la recuperación de disolventes, aunque el porcentaje de recuperación es menor que con la técnica de destilación.

Esta técnica separa componentes que tienen diferentes fases y una significativa diferencia entre las densidades de las fases. La separación se efectúa vertiendo la fase superior que es la menos densa o la inferior que es la más densa.

1.7.1.3 Filtración

Esta técnica es complemento de la decantación para la recuperación de disolvente, ya que se emplea para retener las partículas sólidas por medio de una barrera, la cual puede consistir en mallas, fibras, material poroso o un relleno sólido. Estos materiales permiten sólo el paso del líquido reteniendo los sólidos.

1.7.2 Reciclado en la planta

El reciclado en planta se define como la actividad realizada dentro de la planta que recupera el disolvente sucio a través de sistemas de reciclado.

Las industrias que usan sistemas de reciclado de disolventes en planta han obtenido ahorros significativos al reducir el costo de desecho de material y desperdicios. Algunas industrias han podido reducir sus compras de disolvente en un 80% por medio del reciclado en planta.

Para el reciclado en planta existen varios tipos de equipos para reciclaje, generalmente diseñado con un sistema de destilación instalado apropiadamente.

1.7.3 Reciclado fuera de la planta

El reciclado fuera de la planta consiste en enviar los desechos de disolvente sucio a una empresa que preste los servicios de procesar el desecho de disolvente y devolver disolvente limpio.

Actualmente en Guatemala existe una empresa que presta este servicio. Se puede buscar una empresa que reutilice el disolvente como combustible en calderas de vapor o una planta de tratamiento de desperdicios peligrosos.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para desarrollar una mejora en la gestión de desechos, sobre todo en un desecho peligroso como el disolvente que es utilizado en la limpieza de los rodillos y mantillas de las máquinas *offset*, es necesario especificar qué tipo de disolvente emplean, el proceso actual de limpieza y el papel que juega el disolvente en este proceso.

Además es indispensable conocer que actividades realizan actualmente para la gestión de este desecho, ya que existen normas en el país que regulan el manejo de residuos peligrosos para este tipo de industrias.

2.1 Descripción del proceso de limpieza en las máquinas *offset*

Para la operación de las máquinas *offset*, la Litografía cuenta con un operario, un primer ayudante y un segundo ayudante en cada máquina. Las tres personas se involucran en el proceso de limpieza de las máquinas.

Se describirá el proceso de limpieza de las máquinas según la cantidad de unidades de color.

2.1.1 Prensa Heidelberg – 5 unidades –

La característica de esta prensa es que tiene 5 unidades de impresión, lo que significa que es capaz de imprimir 5 colores más barniz.

Las actividades que realizan para el proceso de limpieza se describen en la Tabla II.

Tabla II. Proceso de limpieza de la prensa Heidelberg – 5 unidades -

Actividades	Responsable
1. Poner a cero los perfiles de tinta.	Operador
2. Quitar los rebases de las fuentes de solución de mojado de la unidad 3 y 4.	Primer ayudante
3. Quitar los rebases de las fuentes de solución de mojado de la unidad 1 y 2.	Segundo ayudante
4. Quitar los rebases de las fuentes de solución de mojado de la unidad 5.	Operador
5. Proceder al lavado de las mantillas de caucho de las 5 unidades.	Operador, primero y segundo ayudante
6. Remover la tinta de la fuente de la máquina.	Operador, primero y segundo ayudante
7. Abrir y lavar la fuente de tinta de la máquina.	Operador, primero y segundo ayudante
8. Colocar las bandejas descargadoras en las 5 unidades.	Operador, primero y segundo ayudante

9. Descargar y lavar baterías de rodillos del sistema de entintado y de humectación de la máquina.	Operador, primero y segundo ayudante
10. Desmontar las bandejas descargadoras de las 5 unidades.	Operador, primero y segundo ayudante
11. Lavado del cilindro impresor de la unidad 1 y 2.	Segundo ayudante
12. Proceder al lavado de las bandejas descargadoras de las unidades 3,4 y 5. El desecho de disolvente y tintas lo depositan en una cubeta.	Operador y primer ayudante
13. Lavado del cilindro impresor de la unidad 3 y 4.	Primer ayudante
14. Lavado de las bandejas descargadoras de las unidades 1 y 2. El desecho de disolvente y tintas lo depositan en una cubeta.	Segundo ayudante
15. Regular los perfiles de tinta.	Operador
16. Lavado del cilindro impresor de la unidad 5.	Operador
17. Desmontaje de las planchas.	Primer ayudante
18. Limpieza de los cilindro porta planchas.	Primer ayudante

Fuente: Litografía Artes e Impresiones

2.1.2 Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades –

La característica de esta prensa es que tiene 7 unidades de impresión, lo que significa que es capaz de imprimir 7 colores más barniz.

La diferencia en el proceso de limpieza de la prensa Heidelberg y Roland de 7 unidades con la Prensa Heidelberg de 5 unidades, es que el proceso de limpieza de la prensa de 7 unidades lo hace automáticamente al activar el proceso desde el sistema de cómputo, mientras que la prensa de 5 unidades el proceso de limpieza es completamente manual.

Las actividades que realizan para el proceso de limpieza se describen en la Tabla III.

Tabla III. Proceso de limpieza de la prensa Heidelberg y Roland– 7 unidades -

Actividades	Responsable
1. Poner a cero las correderas de las tintas y los pre- registros de la prensa.	Operador
2. Remover la tinta de la fuente de las unidades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.	Operador, primero y segundo ayudante
3. Abrir y lavar el acetato protector de los servomotores de tinta de las unidades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.	Operador, primero y segundo ayudante
4. Lavar mantilla y cilindro impresor de la unidad 7.	Operador con primer o segundo ayudante.
5. Lavado de la unidad de barnizado (cuando aplique).	Operador

6. Activar la limpieza de la prensa (lavado de sistema de entintado, mantillas y cilindros impresores).	Operador, primero y segundo ayudante
7. Regular los perfiles de tinta.	Operador
8. Desmontar las planchas litográficas.	Operador o primer ayudante
9. Proceder a la limpieza de la racleta de bandeja descargadora.	Primer o segundo ayudante.
10. Limpiar rodillos inmersotes.	Operador, primero y segundo ayudante

Fuente: Litografía Artes e Impresiones

2.2 Uso de disolvente

Anteriormente, la Litografía empleaba gasolina como producto de limpieza para el lavado de rodillos y mantillas, pero por lo peligroso de éste se cambió por un disolvente menos volátil.

Actualmente emplea un disolvente que comercialmente se llama *wash-HPL*, el cual se vende en el mercado para el lavado de los rodillos y mantillas de las máquinas *offset*. Este disolvente es empleado en cada arreglo de la prensa.

Su uso es diario y es un elemento importante para el buen proceso de impresión porque este disolvente tiene que tener la capacidad de dejar completamente limpios los rodillos y la mantilla sin residuos de tintas.

2.2.1 Disolvente – Wash HPL –

El disolvente *wash HPL* es un disolvente limpiador que se emplea para la limpieza manual de mantillas y rodillos de tinta, es miscible con agua y permite eliminar tinta y polvo de papel en un solo paso de trabajo.

El proveedor de este disolvente es la empresa HUBER, la cual se dedica a la elaboración de productos químicos para impresión.

2.2.1.1 Composición

El disolvente *wash HPL* está compuesto por los siguientes componentes:

- nafta hidrogenada de baja temperatura de inflamación (derivado del petróleo),
- mezcla de hidrocarburos alifáticos y
- surfactantes.

La nafta hidrogenada es una combinación compleja de hidrocarburos obtenida por el tratamiento de una fracción de petróleo con hidrógeno en

presencia de un catalizador. Se obtiene con un punto final de 150 °C a 180 °C, es un combustible altamente volátil.

Los hidrocarburos alifáticos son compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrógeno y los surfactantes son tensioactivos que están formados por un elemento soluble en agua denominado hidrófilo, y un elemento soluble en grasa o lipófilo.

Estos tres componentes forman el disolvente empleado en la Litografía.

2.2.1.2 Ficha técnica

La ficha técnica es un documento oficial que resume la información científica esencial sobre un producto químico.

Las fichas técnicas se conocen como fichas técnicas de seguridad de materiales o fichas técnicas de seguridad de productos químicos. Estas son elaboradas por los fabricantes de los productos para dar a conocer la composición y los riesgos que se pueden dar en el uso del producto.

El *wash-HPL* por ser un producto químico tiene su ficha técnica, elaborada por la empresa HUBER, ésta se presenta en la Tabla IV.

Tabla IV. Ficha técnica del wash-HPL

1. Identificación de la sustancia	
Nombre Comercial:	HPL
Fabricante:	Huber GmbH, Echternacher Straße 12, 53842 Troisdorf
Llamar en caso de emergencia a:	0049- (0)2241 - 406027
2. Composición/Datos sobre los componentes	
Composición:	CAS-Nr. 64742-48-9, n mezclas de hidrocarburos alifáticos y surfactantes.
Uso:	para lavar tintas en prensas de impresión offset
3. Identificación de peligros	
Grado de peligrosidad:	Xn: Nocivo
Riesgos para la salud:	Nocivo, si se ingiere puede causar daño pulmonar
4. Primeros auxilios	
Después de contacto con los ojos:	Lavar los ojos con agua limpia durante al menos 15 minutos, si persiste obtener atención médica
Después de contacto en la piel:	Lavar la piel con agua y jabón
Después de ingestión:	Lavar la boca con agua, en caso de ingestión no inducir vómito, dar agua para beber, obtener asistencia médica inmediatamente
Después de inhalación:	Llevar a la persona afectada a un ambiente con aire fresco y mantener en descanso
5. Medidas de lucha contra incendios	
Medios de extinción adecuados:	Espuma, niebla o rocío de agua, dióxido de carbono
Medios de extinción a evitar:	Chorros de agua
Equipo protector	Ropa de protección complete que contiene un aparato de respiración
6. Medidas en caso de vertido accidental	
Precaución personal:	Evitar contacto con piel y ojos
Protección personal:	Utilizar ropa de protección adecuada, en caso necesario, utilizar aparatos de respiración.
Precauciones ambientales:	Evitar la contaminación del suelo y del agua, evitar que se propague o entrada en desagües, canales o ríos.
Métodos de limpieza:	Absorber o contener líquido con arena, tierra o material de control de derrames
7. Manipulación y almacenamiento	
Manipulación:	Utilice el líquido solo para el uso por el que fue creado, evitar el contacto con los ojos y piel
Almacenamiento:	Conservar en un lugar fresco.
8. Controles de la exposición y protección personal	
Normas de exposición estándar:	350 ml/m ³ (recomendado)
Medidas de control de ingeniería:	-
Protección para la respiración:	-
Protección de las manos:	Usar PVS o guantes de neopreno
Protección de los ojos:	Usar protección ocular adecuada
Protección para el cuerpo:	Utilizar ropa de trabajo estándar
9. Propiedades físicas y químicas	
Estado físico:	Líquido
Color:	Amarillento, transparente
Olor:	Suave

Punto de ebullición (°C):	185-210 °C			
Punto de fusión (°C):	debajo -54°C			
Punto de inflamación (°C):	62°C			
Vol. Límites Explosivos%:	1,0-7,5 Vol. %			
Presión de vapor (hPa):	-			
Solubilidad en agua:	miscible			
Densidad (kg/m ³):	790			
Temperatura de auto-ignición:	ca. 230°C			
10. Estabilidad y reactividad				
Estabilidad:	Estable bajo condiciones normales			
Productos de descomposición peligrosa:	No se conoce			
Materiales que deben evitarse:	Materiales oxidantes fuertes			
Reacciones peligrosas:	-			
11. Información Toxicológica				
Toxicidad aguda:	LD 50 mayor de 2000 mg/kg rat, oral			
Irritación de los ojos :	Irritación leve			
Irritación de la piel:	Irritación leve			
Irritación respiratoria:	Irritación leve			
Recomendaciones toxicológicas adicionales:	Si el producto se utiliza para su aplicación no hay efectos toxicológicos según nuestra experiencia			
Efectos Humanos:	Prolongado/repetido contacto puede causar desgrasamiento de la piel que puede dar lugar a dermatitis			
12. Información ecológica				
Movilidad y biacumulación:	Se evapora lentamente, tiene un potencial de biacumulación			
Persistencia y biodegradabilidad:	Inherentemente biodegradables			
13. Consideraciones sobre la eliminación				
Eliminación de residuos:	Recuperar o reciclar el material, si es posible			
En otro caso:	Incineración. Entregar al contratista con licencia de eliminación			
14. Informaciones de transporte				
	ADR/RID GGVS/GGVE	IACO	IMDG-Code GGVSee	IMDG-Page: EMS-Nr.: MFAG-Tafel:
UN-Nr.:				
Clase:				
Item:				
Grupo de empaque:	Mercancías peligrosas no se refieren a las regulaciones nacionales e internacionales			
Etiqueta:				
Nombre correcto de envío:				
15. Información reglamentaria:				
Clasificación/etiquetado de los reglamentos:	Xn: nocivos			
EC-Símbolos:	-			
Frases de riesgo:	R65: Nocivo, si se ingiere puede causar daño pulmonar			
Frases de seguridad:	S23: No respirar los vapores, S24: evitar contacto con los ojos, S65: en caso de ingestión, no induzca el vómito: buscar ayuda médica inmediatamente y mostrar la etiqueta o el envase			

16. Otra información

Esta información se basa en nuestro conocimiento actualmente pretende describir el producto a los efectos de los requisitos medioambientales y de salud, únicamente. No debe pues, interpretarse como una garantía de cualquier propiedad específica del producto.

Fuente: Proveedor para la Litografía Artes e Impresiones.

Para su buen uso y prevenir según las precauciones indicadas, ésta ficha técnica debe tenerse siempre al alcance de los que emplean el disolvente.

2.2.1.3 Precio en el mercado

El precio de mercado es el precio al que el disolvente *wash-hpl* puede adquirirse en mercados específicos de elementos de impresión litográfica.

Actualmente el precio del tonel (55 galones) de este disolvente en el mercado nacional oscila entre Q. 3,500 a Q. 4,000. Lo que significa que cada galón de disolvente tiene un costo entre Q. 63.63 a Q. 72.72.

2.2.2 Cantidad consumida de disolvente

La cantidad consumida de disolvente en la Litografía para el lavado de rodillos y mantillas es de aproximadamente 619 galones al mes.

Este dato se calcula promediando el consumo de disolvente mensual del año 2008 la cual se muestra en la Tabla V.

Tabla V. Consumo mensual de disolvente *wash-hpl* en el año 2008

Mes	Galones	Tonel (55 galones)
Enero	385	7
Febrero	440	8
Marzo	495	9
Abril	825	15
Mayo	770	14
Junio	770	14
Julio	550	10
Agosto	715	13
Septiembre	550	10
Octubre	660	12
Noviembre	770	14
Diciembre	495	9
Total	7425	135
Promedio mensual	619	11

Fuente: Departamento de compras Litografía

Estos datos varían según la cantidad de producción que tenga la Litografía.

2.2.3 Cantidad desechada de disolvente

El porcentaje de cantidad desechada de disolvente vs. la cantidad consumida de disolvente es de aproximadamente 70%. La fórmula para el cálculo del porcentaje fue el siguiente:

$$\% \text{ de desecho de disolvente} = \frac{\text{Cant. Desechada (lt)}}{\text{Cant. de disolvente consumido (lt)}} \times 100\%$$

Para la obtención de la cantidad desechada se colocó un bidón de 1000 lt, en donde los ayudantes depositaban el disolvente que sacaban de las bandejas descargadoras. Se midió el tiempo en que éste se llenó completamente. Y para la obtención de la cantidad de disolvente consumido se solicitó la información a Compras de la cantidad que le solicitaron en esos días para el consumo en las máquinas *offset*.

En la Tabla VI se muestra el análisis cuantitativo de consumo y desecho del disolvente y del agua. De estos datos se obtiene el porcentaje estimado de desecho de disolvente vs la cantidad de disolvente consumido.

Tabla VI. Análisis cuantitativo de consumo y desecho del disolvente *wash-HPL*

Días de muestreo	Cant. Consumida de Disolvente	Cant. Desechada disolvente y agua	Porcentaje
19	1422 lt	1000 lt	70%

El 30% del resto de desecho de disolvente se evapora, una parte en el proceso de limpieza en las máquinas *offset* y otra parte se evapora en el bidón ya que los operarios no se acostumbran a tapar el bidón de almacenamiento.

Con este porcentaje de desecho se puede decir que según la cantidad aproximada de consumo al mes del año 2008, la cantidad de desecho es aproximadamente de 433 galones/mes.

2.2.4 Tratamiento actual del disolvente

La Litografía actualmente no le da un tratamiento físico ni químico al disolvente sucio desechado de las máquinas *offset*.

La Litografía está consciente del daño que este desecho provoca al medio ambiente, por lo que lo entrega a una persona particular que lo retira de la Litografía para su reutilización.

2.2.4.1 Procedimiento

El procedimiento para el manejo del desecho del disolvente es el siguiente:

(1) Depositar el desecho que sale de las bandejas descargadoras en la cubeta rotulada "Desecho de disolvente *wash-HPL*". En cada máquina hay una cubeta para este uso.

(2) Después de cada turno, depositar en el bidón etiquetado “Disolvente sucio *wash-HPL*” lo acumulado en la cubeta, y mantener cerrado el bidón para evitar su evaporación.

(3) Almacenar el bidón de 1000lt en la bodega de inflamables.

(4) Elaborar nota de despacho por el encargado de almacén de despacho para autorización de salida de la Litografía del desecho del disolvente *wash-HPL*.

(5) Entrega a una persona particular para el retiro del bidón con disolvente sucio de la Litografía para evitar su derrame en desagües.

(6) Registro de control de salida de desechos.

2.2.4.1.1 Diagrama de proceso actual

El diagrama de proceso actual del manejo de desecho del disolvente en la Litografía se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Diagrama del proceso actual del manejo de desecho del disolvente *wash-HPL*

Departamento: Impresión	Hoja 1/1
Proceso: Manejo del desecho del disolvente <i>wash- HPL</i>	Método: Actual
Elaborado por: Claudia Martínez	Fecha: 03/07/2009



3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTE

Para minimizar y prevenir la contaminación del ambiente se propone implementar un sistema de recuperación que integre todas las fases del manejo del disolvente, desde su reutilización hasta la gestión como desecho, fomentando las buenas prácticas, minimizando el uso, y ante todo reutilizando el disolvente como actividad de tratamiento de desechos líquidos.

3.1 Sistema de recuperación de disolventes

El objetivo primordial del sistema de recuperación de disolvente es obtener disolvente limpio de los residuos del disolvente sucio con tinta u otros contaminantes, con el fin de reutilizarlo.

Existen tecnologías comercialmente demostradas y eficaces para la recuperación y reciclado de disolventes.

Debido a que cada planta es única y hay variedad de disolventes es necesario un análisis para la selección del proceso de separación y la tecnología a emplear para su recuperación.

En caso no es posible la recuperación o destrucción, debido a inviabilidad económica o técnica, se debe considerar la posibilidad de

reutilizarlo como combustible o prestar los servicios de recuperación fuera de la planta.

3.1.1 Características

En el caso de la Litografía Artes e Impresiones, se necesitará un recuperador de disolvente que emplee la técnica de destilación al vacío. Será necesaria esta técnica debido a que ésta disminuye la temperatura de punto de ebullición de disolventes como la nafta que se destilan a una temperatura entre 150°C a 210°C; además ésta opción genera menos emisiones al medio ambiente.

Este sistema permite recuperar disolventes con una eficiencia registrada superior al 80%.

Las características de la recuperadora de disolvente (regenerador de disolventes y generador de vacío) más conveniente para la Litografía se observan en el Anexo I.

Se proponen estas características ya que al trabajar un ciclo diario de 40 litros las 12 horas y por la cantidad de desecho, que son 960lt/mes, la máquina estaría ocupada 24 días del mes.

3.1.2 Funcionamiento

Los disolventes sucios son reciclados mediante varios procesos con el propósito de reusar el producto.

El funcionamiento propuesto para la recuperación de este disolvente *wash-HPL* es la técnica de destilación al vacío.

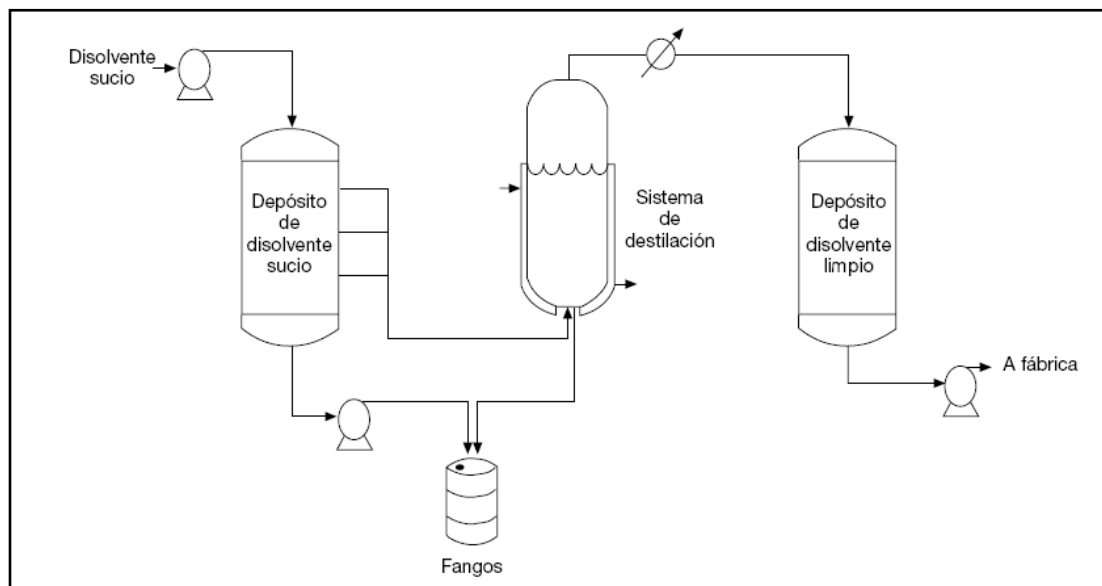
Este sistema incorpora un tanque de destilación disolvente en acero inoxidable. El calentamiento es indirecto y se realiza con aceite diatérmico a circuito cerrado. El enfriamiento de los vapores se realiza a través de un condensador aire/aire. El recuperador se combina con una instalación de vacío que consiente la evaporación del disolvente a temperaturas más bajas.

El proceso para el funcionamiento de la recuperadora y obtener disolvente reciclado es el siguiente:

- (1) Se coloca el disolvente sucio en un tanque de teflón cubierto con una tapa de acero inoxidable.
- (2) Mediante un termostato se sube la temperatura del disolvente a 70°C aproximadamente, ya que el sistema al vacío baja la temperatura del punto de ebullición.
- (3) El líquido se volatiliza y pasa a un condensador, se enfría con aire. En el condensador es donde se concentra el disolvente y se vuelve a reutilizar.

En la figura 13 se observa el esquema general de una recuperadora de disolvente, las líneas representan la dirección del recorrido del disolvente sucio hasta que es recuperado.

Figura 13. Esquema de la recuperadora de disolvente



Fuente: <http://www.cema-sa.org>

3.1.3 Proveedores de maquinaria

Para este sistema de recuperación se emplea la tecnología de máquinas llamadas recuperadoras de disolventes. Algunos de los proveedores de este tipo de tecnología se muestran en el Anexo I.

Por la cercanía y representación en Guatemala, la empresa Servicios Tecnológicos Europeos S.L. es la que servirá de contacto y análisis para la propuesta de una recuperadora de disolvente.

3.2 Factibilidad técnica

Algunos proyectos son económica y técnicamente viables, otras no, pero es necesario que ambas partes cumplan para que sea rentable.

Para evaluar si es factible técnicamente este sistema de recuperación debe considerarse la capacidad del sistema, el índice de productividad, la ubicación de la recuperadora en la Litografía y la mejora en cuestión de tratamiento de desechos líquidos.

Se considera que actualmente no se realiza ninguna actividad de recuperación ni tratamiento de desecho, lo cual si es factible en cuanto a mejora en tratamiento de desechos líquidos.

3.2.1 Análisis de índice de productividad

Al aplicar esta medida de recuperación de disolvente en la Litografía aumentará la productividad de este recurso, ya que se producirá con menos recursos al ser estos reutilizados, se reducirá los costos de compra y se optimizará el uso de este.

Es necesario estimar el porcentaje de recuperación para calcular el porcentaje de productividad de este recurso, para ello se destiló un bidón de 1000 lt de disolvente sucio; la cantidad de disolvente recuperado y el porcentaje de recuperación se muestran en la Tabla VII.

Tabla VII. Porcentaje de recuperación de disolvente *wash-HPL*

Disolvente desechado	Disolvente recuperado	Eficiencia promedio de recuperación
1000 lt	850 lt	85%

Según el análisis se estima que el porcentaje de recuperación del disolvente es de 85%, lo cual significa que de la cantidad desechada al mes de disolvente se recupera 368 galones/mes, según se observa en la Tabla IX.

Tabla VIII. Cantidad de disolvente *wash-HPL* recuperado al mes

Disolvente desechado al mes	Disolvente recuperado al mes
433 gal	$433 \text{ gal} * 0.85 = 368 \text{ gal}$

Esto representa que en un 60% se aumenta la productividad de este disolvente, ya que se reutilizarían 6.6 toneles de disolvente de los 11 que se compran mensualmente. Este porcentaje se verá reflejado en los costos los cuales se analizarán más adelante.

3.2.2 Estudio de distribución de maquinaria

Para que el sistema de recuperación del disolvente sea factible también es necesario analizar su ubicación y si es necesaria la redistribución de las máquinas *offset*.

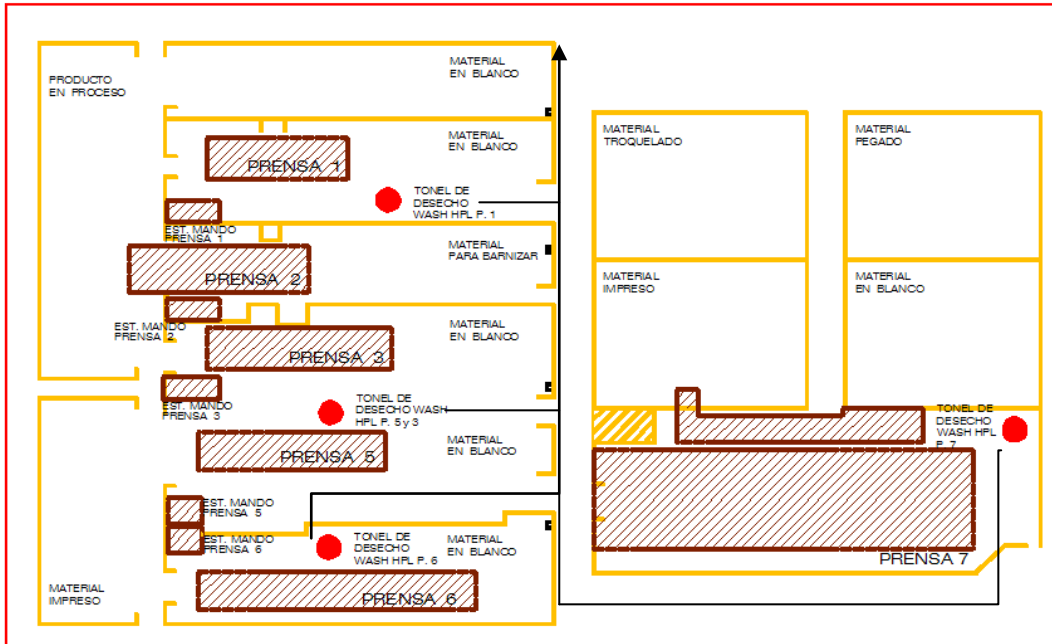
Debido a la peligrosidad de esta recuperadora de disolvente, que se compara con tener una olla de presión industrial, no es factible ubicarla cerca de las máquinas *offset*. No es necesario entonces reubicar las máquinas *offset*.

Para optimizar el tiempo y el proceso de recuperación del disolvente se propone cambiar el bidón, que se encuentra ubicado en un punto del departamento de impresión, a 4 toneles ubicados a distancias cortas de las máquinas *offset*. Con esto se busca que los operarios no pierdan tiempo en depositar el disolvente en cubetas y luego al bidón sino que de una vez en el tonel; además para el proceso de la recuperación es más fácil la manipulación, el traslado y la sustracción si se depositan en recipientes más pequeños.

Por lo tanto, lo que si es necesario ubicar son los toneles de almacenamiento en cada una de las máquinas *offset*.

En la figura 14 se muestra la ubicación de los toneles en el departamento de impresión. Los toneles están representados por los círculos sólidos. Y la flecha muestra el recorrido para la salida de los toneles de la planta. En esta ubicación los toneles estarían cercanos a las máquinas *offset* y de fácil acceso para retirarlos de la planta.

Figura 14. Distribución de toneles en el departamento de impresión para el desecho del disolvente de wash-HPL.



Fuente: Planos proporcionados por la Litografía.

Para la recuperadora es necesario el aislamiento usando un sistema de ventilación local para remover el peligro de la fuente. La ubicación de la recuperadora se menciona en el Capítulo 4.

3.2.3 Diagrama de proceso mejorado

Al emplear este sistema para la recuperación del disolvente *wash-HPL* el proceso de tratamiento de este desecho mejoraría, no tanto en disminución de procesos, sino en mejora para el medio ambiente y optimización de recursos.

El diagrama de proceso mejorado es el que se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Diagrama de proceso mejorado de manejo del desecho del disolvente *wash-HPL*

Departamento: Impresión	Hoja 1/1
Proceso: Manejo del desecho del disolvente <i>wash- HPL</i>	Método: Mejorado
Elaborado por: Claudia Martínez	Fecha: 15/07/2009



Como se observa en la figura 15, el manejo de este desecho sería un ciclo, en donde se reutilizaría este disolvente todo el tiempo, y el único desecho que se retiraría sería el residuo sólido de las tintas que representa un 10% del desecho total de este disolvente sucio.

3.3 Factibilidad financiera

En toda propuesta de proyecto es necesario realizar un análisis de factibilidad financiera, ya que a cada decisión de inversión, corresponde una decisión de financiación.

En la factibilidad financiera se evalúa el retorno de la inversión en caso se implementará el sistema de recuperación de disolventes. Lo que interesa es determinar si la inversión a efectuar es rentable. Para ello se realizó un análisis de costos empleando diversos métodos de ingeniería económica.

3.3.1 Análisis de Costos

El análisis de costos verifica únicamente los costos entre implementar o no el sistema de recuperación de disolventes y el retorno de inversión en tiempo. En la Tabla IX se muestra el análisis de costos de sin sistema de recuperación vs con sistema de recuperación.

Tabla IX. Análisis de costos de “sin sistema de recuperación” vs “con sistema de recuperación”.

Costos	Sin sistema de recuperación (contratando fuera)	Con sistema de recuperación
Costo del disolvente virgen	Q. 472,464.96/año	Q. 175,384.72/año
Costo de recuperación en el origen	-----	Q. 37,531.68/año
Costo Total	Q. 472,464.96/año	Q. 212,916.40/año
Inversión		Q. 80,550.56
Retorno de inversión		4 meses

Como se observa en la Tabla IX, hay un ahorro anual de Q. 259,548.56 y el retorno de la inversión en tiempo es de 4 meses, lo cual significa que se recupera pronto la inversión.

Para tener un mejor criterio para la toma de decisiones también se emplean otros métodos de evaluación: el valor actual neto, la tasa interna de retorno y el análisis beneficio y costo.

3.3.1.1 Valor actual neto

El método del valor actual neto nos permite observar los gastos o ingresos del futuro en quetzales equivalentes de ahora al implementar esta propuesta.

El análisis de valor actual neto se calcula a partir de la tasa de interés del préstamo en los bancos. La tasa de interés que se utilizó para el cálculo del valor actual neto es del 9% a un período de 3 años.

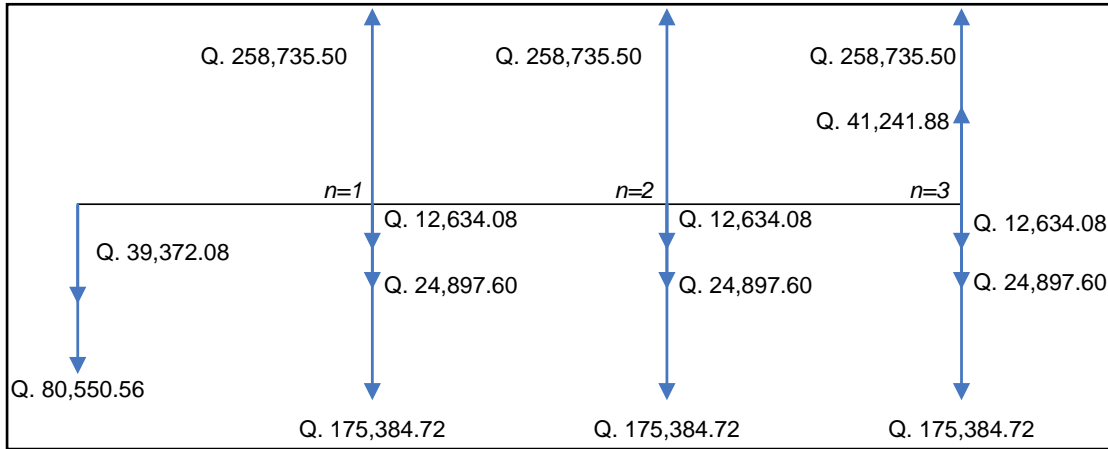
En la Tabla X se muestran los datos de entradas y salidas para la elaboración del flujo de efectivo.

Tabla X. Datos de entrada y salidas para flujo de efectivo.

Entradas		Salidas	
Ahorro de consumo de <i>wash-HPL</i>	Q. 258,735.50/año	Inversión inicial	Q. 80,550.56
Vida de salvamento	Q. 41, 241.88	Consumo de <i>wash-HPL</i> puro inicial	Q. 39,372.08
		Compra de <i>wash-HPL</i> puro para completar	Q175, 384.72/año
		Salario para operador de la máquina	Q. 24,897.60/año
		Costo de energía eléctrica	Q. 12,634.08/año

Con estos datos se realizó el flujo de efectivo para el cálculo del valor actual neto de esta propuesta, éste se muestra en la Figura 16.

Figura 16. Flujo de efectivo para el cálculo del valor actual neto.



Con este flujo de efectivo se procedió al cálculo del valor actual neto. Con un $i=9\%$ y $n=3$, se obtuvo el siguiente valor actual neto:

Tabla XI. Análisis del VAN con tasa de interés de 9%.

Valor actual neto beneficios	Valor actual neto costos
$258,735.50(P/A,9\%,3) +$ $41,241.88(P/F,9\%,3) = 686,782.10$	$119,922.64 + 538,954.14(P/A,9\%,3)$ $= 658,876.79$
Valor actual neto (diferencia) = 27,905.31	

El valor actual neto es de Q. 27,905.31, por lo que se considera un proyecto viable bajo el criterio de que si $VAN \geq 0$, y se alcanza la tasa de interés la alternativa es financieramente viable.

3.3.1.2 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno nos indica también si esta propuesta de sistema de recuperación es rentable o no. A mayor TIR (siglas de tasa interna de retorno), mayor rentabilidad y debe ser mayor que la tasa de interés, en este caso mayor al 9%.

Para determinar la tasa interna de retorno en una serie de flujo de efectivo para un valor actual neto igual a cero, se procedió a la prueba de ensayo y error. La tabla XII muestra el valor actual neto con dos tasas de interés: 5% y 21%. A partir de estos datos se procedió a la interpolación para determinar la tasa interna de retorno para esta propuesta (Tabla XIII).

Tabla XII. Valor actual neto con tasas de interés de 5% y 21%.

	Con i=5%	Con i=21%
Valor actual neto beneficios	Q. 258,735.50(P/A,5%,3) + Q. 41,241.88(P/F,5%,3) = Q. 740,227.24	Q. 258,735.50(P/A,21%,3) + Q.41,241.88(P/F,21%,3) = Q. 559,880.24
Valor actual neto costos	Q. 119,922.64 + Q.538,954.14(P/A,5%,3) = Q. 699,746.81	Q. 119,922.64 + Q.538,954.14(P/A,21%,3) = Q. 561,497.13
Valor actual neto	Q. 40,480.43	- Q. 1616.89

Tabla XIII. Interpolación para determinación de la tasa interna de retorno.

Interpolación	Q. 40,480.43	5%
	Q. 0.00	20%
	- Q. 1616.89	21%

La tasa interna de retorno es de 20%, lo que nos indica que la propuesta de sistema de recuperación de disolventes es viable ya que es mayor que la tasa de interés.

3.3.1.3 Análisis de beneficio y costo

El análisis de beneficio y costo nos permite determinar si es viable este proyecto a través del valor actual neto dividiendo los beneficios entre los costos, el cual el resultado debe ser mayor a 1.

Para esta propuesta el análisis de beneficio costo es de 1.04, por lo que se determina que el sistema de recuperación de disolventes es económicamente aceptable.

3.4 Rediseño del proceso de limpieza de las máquinas *offset*

Al implementar este sistema de recuperación deben considerarse algunos cambios en el proceso de limpieza de las máquinas *offset*, ya que la cantidad de disolvente reciclado es diferente a la cantidad que se usa cuando es disolvente puro.

Además, deberán incluir dentro del proceso la recolección del disolvente a recuperar en los toneles asignados a cada máquina, y no a la cubeta que utilizan actualmente.

Para este rediseño se creó un instructivo de proceso de limpieza de rodillos y mantillas para las máquinas *offset*.

3.4.1 Instructivo de proceso de limpieza de rodillos y mantillas para prensa de 5 unidades

El proceso de limpieza da inicio cuando hay cambio de trabajo según el plan de trabajo diario y en la orden de producción indica cambio de colores o secuencia de colores.

El operador y ayudantes de prensa tienen asignadas las siguientes funciones:

El operador es responsable de:

- Lavado del sistema de entintado de la unidad 5.
- Lavado del cilindro impresor de la unidad 5.
- Lavado de las mantillas de caucho de la unidad 5.
- Llenado de hoja de control de desecho de disolvente contaminado *wash-HPL*

El primer ayudante es responsable de:

- Lavado del sistema de entintado de la unidad 3 y 4
- Lavado del cilindro impresor de la unidad 3 y 4.
- Lavado de las mantillas de caucho de la unidad 3 y 4.

- Desmontaje y montaje de planchas.
- Mantener cerrado el tonel de disolvente sucio correspondiente a su prensa.
- Informar al encargado superior cuando el tonel de desecho de disolvente *wash-HPL*, este lleno.

El segundo ayudante es responsable de:

- Lavado del sistema de entintado de la unidad 1 y 2.
- Lavado del cilindro impresor de la unidad 1 y 2.
- Lavado de las mantillas de caucho de la unidad 1 y 2.
- Llenar las dispensadores con disolvente *wash-HPL* reciclado y distribuir a cada unidad.

El operador debe verificar si el cambio de color de tintas en cada unidad es de un color limpio a sucio. Si ese fuera el caso, indicar al primer y segundo ayudante de usar disolvente virgen, de lo contrario emplear disolvente reciclado.

El segundo ayudante llena las dispensadores de disolvente, sea reciclado o puro, y los coloca en cada unidad para la limpieza de los rodillos.

El operador pone a cero los perfiles de tinta.

El primer ayudante quita los rebaleses de las fuentes de solución de mojado de la unidad 3 y 4.

El segundo ayudante quita los rebaleses de las fuentes de solución de mojado de la unidad 1 y 2.

El operador, primero y segundo ayudante proceden al lavado de las mantillas de caucho. Para el lavado de mantillas usar el disolvente reciclado.

El operador, primero y segundo ayudante remueven la tinta de la fuente de cada unidad.

El operador, primero y segundo ayudante abren y lavan la fuente de tinta de cada unidad. El operador le indicará al primer y segundo ayudante si utilizar disolvente reciclado o puro, según sea el cambio de color para el siguiente trabajo.

El operador, primero y segundo ayudante colocan las bandejas descargadoras en las 5 unidades.

El operador, primero y segundo ayudante proceden a descargar y lavar baterías de rodillos del sistema de entintado y de humectación de las 5 unidades. En el caso de usar disolvente reciclado, no mezclar con agua.

El operador, primero y segundo ayudante, desmontan las bandejas descargadoras de las 5 unidades.

El operador, primero y segundo ayudante depositan el desecho del disolvente proveniente de las bandejas descargadoras en el tonel dispuesto para este desecho.

El primer ayudante debe tapar el tonel y procurar que se mantenga cerrado hasta el próximo proceso de limpieza.

El segundo ayudante procede al lavado del cilindro impresor de la unidad 1 y 2.

El operador y primer ayudante proceden al lavado de las bandejas descargadoras de las unidades 3, 4 y 5. Emplear disolvente reciclado y depositar las telas que se utilizaron en una cubeta.

El primer ayudante lava el cilindro impresor de la unidad 3 y 4.

El segundo ayudante lava las bandejas descargadoras de la unidad 1 y 2. Emplear disolvente reciclado y depositar las telas que se utilizaron en una cubeta.

El operador regula los perfiles de tinta .

El operador lava el cilindro impresor de la unidad 5.

El primer ayudante procede al desmontaje de las planchas y procede a la limpieza de los cilindros porta planchas. Emplear disolvente reciclado y depositar las telas que se utilizaron en una cubeta.

El operador, primero y segundo ayudante proceden al cierre de las fuentes de tinta y a cargar las tintas según la secuencia a imprimir.

El primer ayudante debe avisar al encargado cuando el tonel de desecho del disolvente se llene para ser retirado de la planta.

El operador deberá llenar la hoja de control del desecho de disolvente contaminado de la prensa correspondiente.

3.4.2 Instructivo de proceso de limpieza de rodillos y mantillas para prensa de 7 unidades

El proceso de limpieza da inicio cuando hay cambio de trabajo según el plan de trabajo diario y en la orden de producción indica cambio de colores o secuencia de colores.

El operador y ayudantes de prensa tienen asignadas las siguientes funciones:

El operador es responsable de:

- Lavado del sistema de entintado de la unidad 5 y 6.
- Lavado de la unidad de acuoso cuando aplique.
- Llenado de hoja de control de desecho de disolvente contaminado *wash-HPL*

El primer ayudante es responsable de:

- Lavado automático de mantillas de caucho.
- Lavado del sistema de entintado de la unidad 4 y 3.
- Desmontaje y montaje de planchas.
- Mantener cerrado el tonel de disolvente sucio correspondiente a su prensa.
- Informar al encargado superior cuando el tonel de desecho de disolvente *wash-HPL*, este lleno.

El segundo ayudante es responsable de:

- Lavado del sistema de entintado de la unidad 1 y 2.
- Llenar el depósito de agua y disolvente con disolvente *wash-HPL* reciclado o puro.

El operador debe verificar si el cambio de color de tintas en cada unidad es de un color limpio a sucio. Si ese fuera el caso, indicar al segundo ayudante de depositar disolvente virgen, de lo contrario depositar disolvente reciclado.

El segundo ayudante debe llenar el depósito de agua y disolvente con el disolvente que le indique el operador, sea este reciclado o puro.

El operador pone a cero las correderas de las tintas y los pre-registros de la prensa.

El operador, primer y segundo ayudante remueven la tinta de la fuente de las 7 unidades.

El operador, primer y segundo ayudante abren y lavan el acetato protector de los servomotores de tinta de las 7 unidades.

El operador con el primer o segundo ayudante proceden al lavado de la mantilla y cilindro impresor de la unidad 7. Emplear disolvente reciclado y depositar las telas que se utilizaron en una cubeta.

El operador procede al lavado de la unidad de barnizado (cuando aplique).

El operador o primer ayudante procede a activar la limpieza de la prensa. (Lavado sistema de entintado, mantillas y cilindros impresores).

El operador, primer y segundo ayudante proceden a retirar las bandejas descargadoras y los recipientes de cada unidad para desechar el disolvente empleado en el tonel de desecho de disolvente.

El primer ayudante debe tapar el tonel y procurar que se mantenga cerrado hasta el próximo proceso de limpieza.

El operador regula los perfiles de tinta.

El operador o primer ayudante procede al desmontaje y montaje de planchas.

El primer o segundo ayudante procede a la limpieza de la racleta de bandeja descargadora. Emplear disolvente reciclado y depositar las telas que se utilizaron en una cubeta.

El operador, primer y segundo ayudante proceden a la colocación del acetato de protector de los servomotores de tinta y al cierre de las fuentes de tinta y a cargar las tintas según la secuencia a imprimir.

El operador, primer y segundo ayudante proceden a la limpieza de rodillos inmersotes.

El primer ayudante debe avisar al operario y al encargado cuando el tonel de desecho del disolvente se llene para ser retirado de la planta.

El operador deberá llenar la hoja de control del desecho de disolvente contaminado de la prensa correspondiente.

3.4.3 Responsables

Este sistema de recuperación de disolvente involucra a los operarios de las prensas, el operario de la recuperadora y al encargado de seguridad ambiental.

Los operarios deberán estar más consciente del uso del disolvente, llevar un control de desecho enviado a la recuperadora y cumplir con las responsabilidades asignadas por el encargado de seguridad ambiental.

El operario de la recuperadora de disolventes debe manejar responsablemente la recuperadora. Llenar la hoja de control de disolvente recuperado e informar al encargado de seguridad ambiental. Además, debe mantener comunicación con los operarios, primeros y segundos ayudantes para traslados de tonel de disolvente contaminado y reabastecimiento de disolvente recuperado en las unidades de almacenamiento en el área de impresión.

El encargado de seguridad ambiental debe dar la formación necesaria a los operarios, primeros y segundos ayudantes sobre las responsabilidades asignadas en estas prácticas medioambientales. Velar porque se optimice el uso del disolvente en la planta y se realicen las buenas prácticas ambientales para este desecho. Además, debe llevar el control mensual del disolvente contaminado y el disolvente recuperado.

3.4.3.1 Prensa Heidelberg – 5 unidades –

Las responsabilidades asignadas para los operarios, primeros y segundos ayudantes son las siguientes:

TABLA XIV. Responsabilidades asignadas a operario, primer y segundo ayudante de Prensa Heidelberg – 5 unidades –

El operador es responsable de:	El primer ayudante es responsable de:	El segundo ayudante es responsable de:
<ul style="list-style-type: none"> - Llenar la hoja de control de disolvente contaminado. - Asignar el uso del disolvente reciclado según convenga al proceso de impresión. - Velar porque su equipo de trabajo emplee bien el uso del disolvente. - Solicitar al operario de la recuperadora abastecimiento de disolvente reciclado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avisar a operador y encargado cuando el tonel este lleno para ser retirado de la planta. - Velar porque el tonel de desecho de disolvente contaminado se mantenga cerrado para evitar derrames o evaporación de éste. - Inspeccionar el tonel de disolvente contaminado visualmente por lo menos una vez a la semana para asegurar se conserve en 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenar los dispensadores de disolvente. - Exprimir las telas usadas con disolvente en el tonel para no desperdiciar ningún residuo. - Trasladar el tonel cuando el encargado le indique a la recuperadora con copia de hoja de control de disolvente contaminado. -

	buenas condiciones y que no hay peligro de filtraciones o rupturas.	
--	---	--

3.4.3.2 Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades –

Las siguientes responsabilidades son similares que las de la Prensa Heidelberg de 5 unidades, a excepción de una responsabilidad en el segundo ayudante.

TABLA XV. Responsabilidades asignadas a operario, primer y segundo ayudante de Prensa Heidelberg y Roland – 7 unidades –

El operador es responsable de:	El primer ayudante es responsable de:	El segundo ayudante es responsable de:
<ul style="list-style-type: none"> - Llenar la hoja de control de disolvente contaminado. - Asignar el uso del disolvente reciclado según convenga al proceso de impresión y avisar al segundo ayudante para el llenado del depósito. - Velar porque su equipo de trabajo empleé bien 	<ul style="list-style-type: none"> - Avisar a operador y encargado cuando el tonel este lleno para ser retirado de la planta. - Velar porque el tonel de desecho de disolvente contaminado se mantenga cerrado para evitar derrames o evaporación de éste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenar el depósito de agua y disolvente según le indique el operador. - Retirar los recipientes de desecho de disolvente contaminado de las unidades y depositar en el tonel. - Exprimir las telas

<p>el uso del disolvente.</p> <p>- Solicitar al operario de la recuperadora abastecimiento de disolvente reciclado.</p>	<p>- Inspeccionar el tonel de disolvente contaminado visualmente por lo menos una vez a la semana para asegurar se conserve en buenas condiciones y que no hay peligro de filtraciones o rupturas.</p>	<p>usadas con disolvente en el tonel para no desperdiciar ningún residuo.</p> <p>- Trasladar el tonel cuando el encargado le indique a la recuperadora con copia de hoja de control de disolvente contaminado.</p>
---	--	--

3.5 Proceso de desechos de la tinta

Los desechos de la tinta y algunos otros componentes serán reenviados para su proceso de desecho a una empresa recomendada por la Corporación Gráfica San José, S.A. quienes prestan el servicio de tratamiento a desechos sólidos.

El costo del proceso para desechar la tinta es de Q. 100.00/tonel.

3.6 Seguridad y salud ocupacional

El uso de disolventes provocan efectos negativos para la salud y enfermedades que aumentan el riesgo de accidentes. Además, la exposición de este disolvente es peligrosa por ser inflamable y volátil.

Es importante tomar precauciones durante su uso y su almacenamiento, algunas medidas generales son:

- Evitar almacenar cerca de lugares en donde se provoquen chispas o fuentes de calor.
- Mantener los contenedores cerrados.
- Mantener los contenedores alejados de otros compuestos que puedan reaccionar con este disolvente.

Algunos elementos básicos para el control de la salud y seguridad ocupacional en el uso de este disolvente son los siguientes:

- Tener un botiquín cerca.
- Un manual de seguridad con los peligros que puede provocar este sistema de recuperación.
- Letrero con información de emergencia (señalización del área donde se maneje los disolventes)
- El equipo de protección necesaria para este tipo de actividad.
- Contenedores etiquetados para la disposición y almacenaje del disolvente como de telas contaminados con disolvente.
- Extintores cerca del área.

- Elementos para controlar derrames en el área donde se encuentre la recuperadora como material absorbente, arena, pala, escobillas.

3.6.1 Disolventes alternativos

El término de “disolventes alternativos”, es empleado de diferentes maneras por muchos ambientalistas, ya que también se emplea el término de “disolventes limpios”, “disolventes verdes”, “disolventes benignos”, “nuevos disolventes”. Se llaman así porque se refieren a disolventes que son menos volátiles y menos dañinos para la salud de las personas.

Actualmente la legislación ambiental promueve a las industrias a una producción más limpia, es decir que empleen disolventes alternativos.

La mayoría de los disolventes que se emplean en la actualidad provienen del petróleo, por lo que es razonable buscar alternativas. Los disolventes alternativos presentan baja toxicidad, baja volatilidad, no son corrosivos y tampoco carcinogénicos. Entre ellos se encuentran los alcoholes como el biometanol y bio-etanol; también los ésteres obtenidos a partir del aceite de soya y el lactato de etilo.

Otro disolvente utilizado con frecuencia como alternativa a los más peligrosos es el aguarrás mineral. No debe emplearse como sustituto la gasolina.

3.6.2 Protección de los trabajadores

La protección a los trabajadores se estructura en cuatro componentes:

- Identificación de riesgos en la actividad de recuperación de disolvente.
- Capacitación y difusión de los riesgos e información necesaria con respecto a este sistema de recuperación.
- Provisión de equipo de protección personal.
- Instrucciones y procedimiento específico para esta actividad.

4. IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA

Antes de implantar una propuesta es de suma importancia detallar las actividades necesarias previas para llevarlo a cabo. Entre estas actividades se encuentran el tratamiento inicial que debe realizar al disolvente previo a recuperarse para su reutilización; además de las consideraciones necesarias para su instalación tanto mecánicas como eléctricas, la ubicación de la máquina recuperadora y la inducción al personal sobre las buenas prácticas para el uso y recuperación de este disolvente.

4.1 Tratamiento inicial

El disolvente sucio recibido de los toneles asignados a cada máquina *offset* son inicialmente tratados mediante separación mecánica para remover sólidos suspendidos. Al retirarlos de la planta deben de ser colocados en un lugar donde no los muevan fácilmente y dejar reposados por lo menos 2 días para que los sólidos de tintas queden en la parte inferior y la parte superior sea el disolvente a recuperar.

4.1.1 Separación mecánica

Los métodos de separación mecánica son decantación y filtración. Estos métodos se emplean para separar el disolvente de las tintas.

4.1.2 Purificación

Después de la separación mecánica, el disolvente sucio se destila para separar las mezclas del disolvente y para remover impurezas disueltas.

Una cantidad de disolvente, la capacidad del equipo, es alimentada al recuperador. Después de ser cargado, los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos remanentes en el fondo del destilador son removidos del equipo después de la evaporación del disolvente.

Después de la destilación, si existiera algún líquido adicional es removida del disolvente por decantación, y así se obtiene el disolvente recuperado.

4.2 Instalación del sistema para la recuperación del disolvente

Para la instalación de la recuperadora de disolventes es necesario determinar las consideraciones técnicas y las instalaciones necesarias.

La instalación de esta recuperadora se realizará en la parte de afuera de la planta de producción. Las empresas distribuidoras de estos equipos facilitan la instalación de estas máquinas.

4.2.1 Consideraciones técnicas

Para la instalación de esta recuperadora es necesario contar con algunas consideraciones técnicas como el tamaño, peso, corriente eléctrica que utiliza, medidas de seguridad a tomar en caso de incendio, señales de seguridad y áreas de evacuación accesibles.

4.2.2 Instalación mecánica

La instalación mecánica se refiere al establecimiento de la recuperadora de disolventes dentro de los parámetros establecidos como dimensiones, peso, seguridad, estructuras físicas.

Todos los parámetros necesarios para el montaje de ésta máquina debe ser considerada por el proveedor y un técnico en instalaciones de este tipo.

4.2.3 Instalación eléctrica

La instalación eléctrica es la misma que emplean para las máquinas *offset* por lo que no será ningún problema para la Litografía.

La instalación eléctrica debe ser protegida contra riesgos de explosión. El control de la electricidad estática es importante, porque muchos disolventes generan cargas eléctricas cuando circulan por mangueras de plástico o en contacto con el aire. Luego por una acumulación de cargas puede generarse una chispa que, en un ambiente con alto contenido de vapores orgánicos tiene grandes posibilidades de iniciar un incendio.

4.3 Ubicación de maquinaria para la recuperación de disolvente dentro de la planta

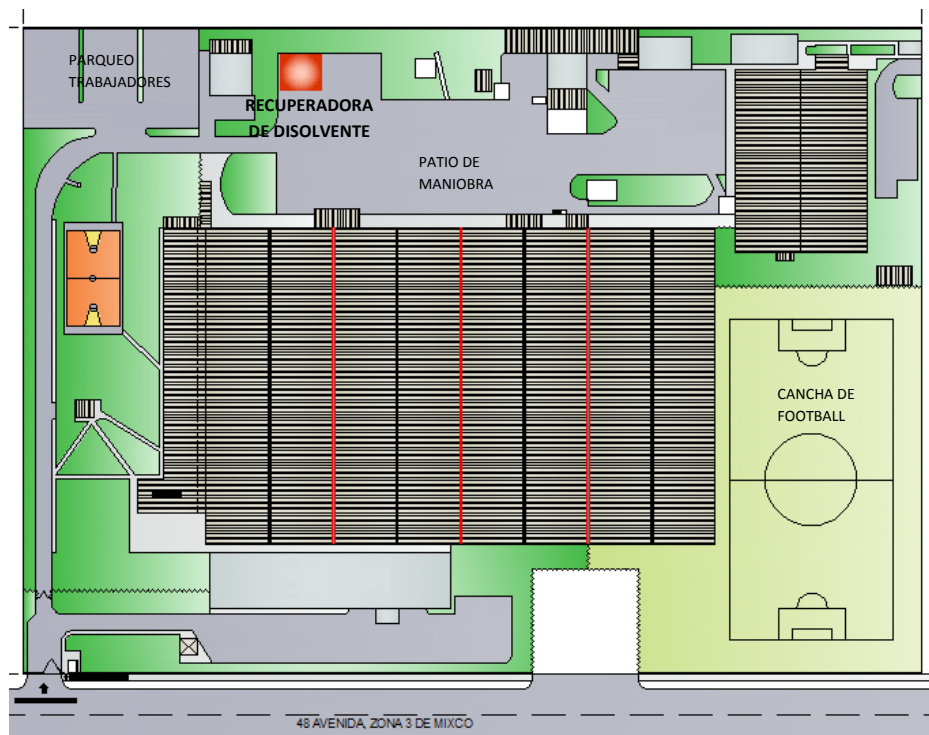
La ubicación de este sistema de recuperación debe realizarse en un lugar aislado y ventilado. La Litografía cuenta con un espacio amplio para este sistema de recuperación, la cual podría emplearse para este uso si cumple con los parámetros establecidos por el proveedor de ésta máquina.

La Litografía tiene una superficie de 5451 m². El sitio adecuado y disponible para la implementación de este sistema de recuperación es de un área de 16 m² y se encuentra en la parte de atrás de las naves de producción.

4.3.1 Plano de ubicación

La mejor ubicación para la recuperadora de disolvente dentro de la Litografía se encuentra en la parte de atrás de las bodegas de producción, en donde hay espacio aislado junto al patio de maniobras. En la Figura 17 se muestra la propuesta de ubicación para la recuperadora.

FIGURA 17. Plano de ubicación propuesto para la recuperadora de disolvente.



Fuente: Planos proporcionados por la Litografía.

4.4 Almacenamiento del disolvente

Para el almacenamiento del disolvente tanto sucio como recuperado es necesario establecer ciertos requisitos de manejo y traslado del disolvente a la recuperadora y el almacenamiento del disolvente previo a ser reutilizado en la planta.

El disolvente sucio debe ser dispuesto en toneles en buenas condiciones con tapadera para evitar evaporaciones, derrames y daños en el ambiente. Estos estarán ubicados cerca de las máquinas *offset* hasta que sean llenados, luego pueden moverse fácilmente al área de almacenamiento que se observa en la Figura 18 en el 4.4.2. Debe tenerse cuidado de asegurar que cualquier residuo en los toneles sea compatible con el disolvente para asegurar la integridad del mismo al momento de iniciar el tratamiento de recuperación.

4.4.1 Requisitos de almacenamiento

Toda sustancia química que se maneje en las plantas industriales debe cumplir con algunos requisitos de almacenamiento para conservar la calidad del químico y para evitar daños en el ambiente. Los requisitos principales para el almacenamiento de este disolvente contaminado y recuperado son los siguientes:

- Mantener el área de almacenamiento limpia y bien organizada.
- Mantener todos los toneles rotulados.
- Proteger los toneles de la luz del sol.

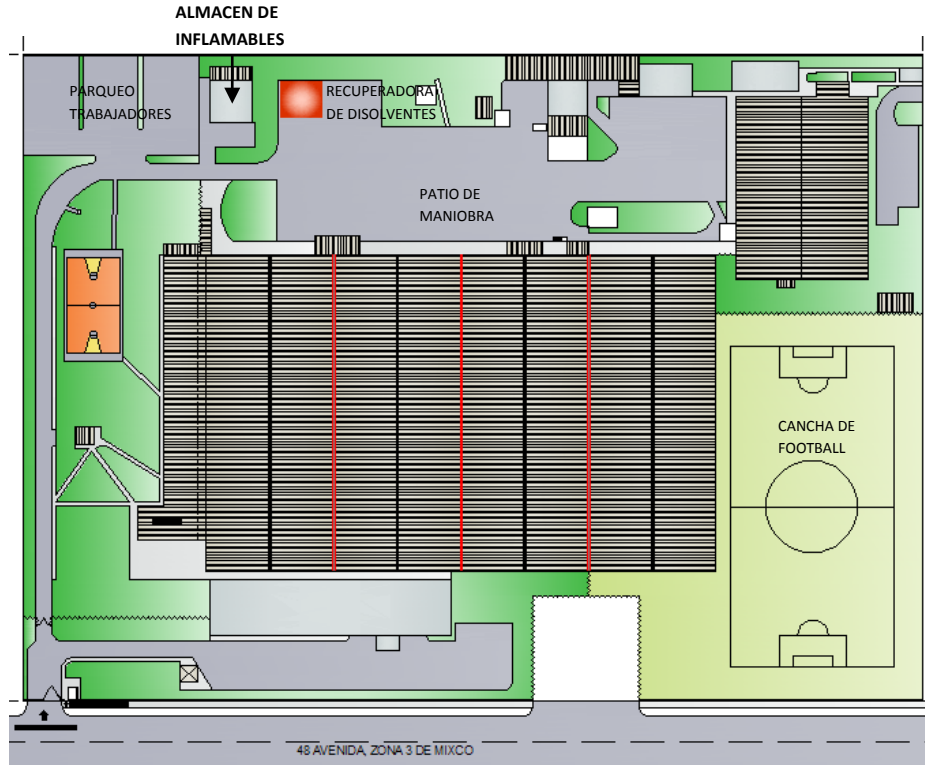
- Conservar en un lugar fresco y bien ventilado.
- Mantener aislados de fuentes de ignición, por ejemplo chispas.
- Colocar en las afueras de la bodega de almacenamiento un letrero permanente como “INFLAMABLE – NO FUMAR – NI ENCENDER FUEGO” con letras negras y fondo amarillo

4.4.2 Plano de ubicación de almacén

El almacén para el resguardo del disolvente será el mismo que utilizan para almacenar los demás líquidos que emplean en la Litografía, este se encuentra cerca de la ubicación propuesta para la recuperadora. Con esto se evita mayores gastos en construcción de un nuevo almacén, ya que el espacio es suficiente para la cantidad de toneles que se manejarían. La distancia entre el almacén y la recuperadora es de aproximadamente 3 metros, cantidad sugerida y aprobada por el proveedor de la recuperadora.

En la Figura 18 se muestra el plano donde se ubica el almacén de inflamables.

FIGURA 18. Plano de ubicación del almacén del disolvente.



Fuente: Planos proporcionados por la Litografía.

4.5 Buenas prácticas para el uso del disolvente

La implementación de buenas prácticas para el uso del disolvente se basa en la puesta en práctica de una serie de procedimientos o políticas destinados a mejorar y optimizar el uso del disolvente y lograr su minimización. Dentro de estas prácticas se incluyen capacitaciones y medidas para prevención de pérdidas.

4.5.1 Optimización en el uso de disolvente

Para la optimización en el uso del disolvente se proponen las siguientes prácticas:

- Usar la cantidad necesaria de disolvente. Los operadores deben ser entrenados sobre la cantidad de disolvente a ser usado, debe ser sólo lo justo y necesario.
- Recuperación de disolventes desde las telas o *wype* en el lugar de uso. Los disolventes pueden ser removidos desde las telas tanto manualmente o con equipo de estrujamiento.
- Mantenimiento adecuado del disolvente. Los operadores deben mantener el disolvente en un recipiente completamente cerrado para evitar la emisión de vapores y derrames.

4.6 Seguridad en el manejo de disolventes

Aunque los disolventes pueden manejarse sin riesgo, no hay que olvidarse que pueden provocar problemas de salud al contacto con la piel o al inhalar los vapores. Aparte de los riesgos para la salud, estos disolventes son inflamables y explosivos.

Por la existencia de riesgos de vertidos y otras causas de exposición excesiva en la recuperación del disolvente, deben instalarse algunos elementos

de emergencia para primeros auxilios. Son recomendables las duchas de seguridad, los baños para ojos, los botiquines de primeros auxilios y atención médica.

4.6.1 Equipo de protección personal para el uso de disolventes

Es recomendable e indispensable proporcionarles los siguientes elementos a los trabajadores que empleen disolvente como al que labore en la recuperación de disolvente:

- Lentes industriales
- Guantes resistentes al disolvente
- Mascarilla de protección respiratoria
- Redecilla
- Ropa gruesa, en caso se contamine la ropa, el operario deberá cambiarse de inmediato con objeto de evitar la absorción del disolvente por vía cutánea.

4.7 Capacitación al personal

El operador que realice la actividad de la recuperación del disolvente debe estar capacitado para esta labor. Para ello se le debe proporcionar una capacitación integral desde el conocimiento del disolvente que se utiliza, el proceso de recuperación hasta primeros auxilios en caso de algún accidente provocado por el mal manejo del disolvente o la recuperadora. Además, el

personal de la planta también deberá recibir charlas para las buenas prácticas y el buen uso de este disolvente. Es importante que estén capacitados, ya que de ellos dependerá la efectividad de este sistema de recuperación del disolvente.

Los medios de capacitación pueden ser:

- Conferencias
- Adiestramiento en el lugar de trabajo
- Instrucción inicial
- Ejecución de la tarea asignada
- Publicidad (*posters*, carteleras, folletos, etc.)

Como toda capacitación debe evaluarse, se recomienda que para la evaluación se emplee cuestionarios y observación directa por parte de los supervisores de los operarios.

4.7.1 Guía práctica para la recuperación del disolvente

Como parte del material para la capacitación es importante la elaboración de una guía práctica para la recuperación del disolvente, tanto para los operarios en planta como para el operador de la recuperadora. Dentro de esta guía se puede incluir las buenas prácticas para la optimización en el uso del disolvente.

Esta guía debe entregarse durante las capacitaciones además de colocarse en puntos visibles cerca de los puestos de trabajo de los operarios como recordatorio.

5. MEDIO AMBIENTE

El control de la contaminación del medio ambiente es importante en cualquier actividad productiva. En la actividad de la industria litográfica es necesario el control de sus desechos y el efecto que estos pueden provocar en el medio ambiente.

En este capítulo se realiza un estudio de evaluación de impacto ambiental propiamente para el desecho del disolvente *wash-HPL*, los riesgos y las consecuencias que puede provocar al no tratarlo como desecho peligroso. Además, del control y seguimiento ambiental necesario para este desecho.

Implementar el sistema de recuperación de disolvente propuesto en este trabajo de graduación traerá beneficios no solo económicos sino ecológicos, los cuales se describen en este capítulo; en caso de no implementar esta propuesta también se describe los tratamientos necesarios para este tipo de desechos y cumplir con el Reglamento de Medio Ambiente.

5.3. Estudio de evaluación de impacto ambiental

“Este estudio de evaluación de impacto ambiental nos permite identificar y predecir los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto.” (Art. 15 del Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental).

En este caso, el no implementar este sistema de recuperación puede provocar impactos al medio ambiente, para ello se presenta un estudio de los efectos sobre el medio ambiente. Se analiza los efectos al implementar este sistema y los efectos al no implementar este sistema de recuperación de disolventes.

Además se describen las medidas necesarias para reducir y controlar impactos adversos que este pueda provocar en caso no se pueda implementar este sistema.

5.3.1. Efectos sobre el ambiente

Se identifican los efectos que puede provocar el no implementar el sistema de recuperación de disolvente en la Litografía, estos se muestran en la Tabla XVI.

Tabla XVI. Identificación de efectos o impactos al no implementar el sistema de recuperación de disolvente.

Tipo de residuo	Actividad	Volumen generado/año	Destino Final	Efectos
El disolvente <i>wash-HPL</i> está compuesto a base de nafta (derivado del petróleo) es altamente	Desechar el residuo de disolvente <i>wash-HPL</i> sin tratamiento junto las aguas	- 5196 gal	Vertedero	<ul style="list-style-type: none"> - Los compuestos orgánicos volátiles COV, liberados a la atmósfera dañan la capa de ozono. - Contaminación del agua subterránea y acumulación de gases invernaderos.

inflamable	residuales.			<ul style="list-style-type: none"> - Al ser absorbidos a través de la piel y por inhalación influye en la salud del ser humano causando efectos a corto y largo plazo, como por ejemplo aborto espontáneo, malformaciones congénitas, lesiones cerebrales, reduce la capacidad reproductiva del hombre, cáncer infantil, lesiones neurológicas, etc.
------------	-------------	--	--	---

Estos efectos se reducen al implementar este sistema de recuperación, por lo que no solo se obtienen beneficios económicos, también se obtienen beneficios ecológicos los cuales se presentan en la Tabla XVII.

Tabla XVII. Identificación de beneficios al implementar el sistema de recuperación de disolvente.

Actividad	Volumen recuperado/año	Destino Final	Beneficios
Recuperar el disolvente <i>wash-HPL</i> a través de destilación al vacío.	- 4416 gal	Reuso en departamento de impresión para limpieza de rodillos y mantillas de las máquinas <i>offset</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Se reduce la cantidad del residuo de disolvente por lo que se minimiza la contaminación en el agua subterránea. - Menos concentración de este disolvente en los vertederos lo que reduce el impacto en los

			ríos y minimiza los daños sobre el medio ambiente y las personas.
--	--	--	---

Se observa que el implementar este sistema de recuperación se obtienen beneficios para el medio ambiente lo cual es una oportunidad para la Litografía a responder de una forma responsable ante esta actividad que ocasiona daños al medio ambiente.

5.3.2. Medidas para reducir y controlar los impactos adversos

Dentro de los impactos adversos que se encontrarán al implementar este sistema de recuperación de disolventes se encuentran impactos sobre factores ambientales como la atmósfera, el agua y el suelo.

Las medidas que se deben llevar a cabo para prevenir impactos ambientales previo y durante la actividad de recuperación del disolvente se presentan en la Tabla XVIII

Tabla XVIII. Medidas para prevenir impactos ambientales.

Factor Impactado	Impacto identificado	Carácter del impacto	Actividades	Fuentes	Medidas
Suelo	Generación de residuos sólidos urbanos	Negativo	Instalación de la recuperadora	Generación de residuos sólidos producto de los embalajes en donde viene la	1. Realizar una separación primaria de residuos, colocando

				recuperadora.	contenedores clasificando cada uno de los residuos: plástico, cartón, vidrio, metal. 2. Dar una disposición adecuada a los residuos a través de centros de acopio.
Atmósfera	Generación de gases y ruido	Negativo, acumulativo y residual	Tránsito de montacargas	Generación de gases y ruido producto del montacarga que transporta el disolvente sucio y transporta el disolvente recuperado para su reutilización.	Mantener un control sobre el mantenimiento de los montacargas y darle el debido mantenimiento.
Atmósfera	Emisión de vapores	Negativo	Recuperación del disolvente	Todo el proceso de recuperación desde el almacenamiento del disolvente sucio hasta el almacenamiento del disolvente recuperado.	Colocar extractores de vapores para evitar el paso de éstos al ambiente.
Suelo	Generación de residuos peligrosos	Negativo	Recuperación de disolventes	Sedimentación de sólidos residuales (tintas en su mayoría) en el tonel de almacenamiento	Los sólidos generados pueden ser enviados a una empresa que les de tratamiento

				del disolvente sucio.	para la disposición final.
Agua	Generación de aguas residuales	Negativo	Recuperación de disolventes	Generación de aguas residuales. Las cuales serán descargadas a la fosa séptica.	1. Dar mantenimiento adecuada a las fosas sépticas. 2. Evitar el verter basura o sustancias que puedan perjudicar el funcionamiento de la fosa séptica.
Suelo	Generación de residuos sólidos no peligrosos	Negativo	Mantenimiento a recuperadora de disolventes	Generación de residuos sólidos producto de los empaques de piezas que necesiten ser reemplazadas.	Dar una disposición adecuada a los residuos a través de centros de acopio o al servicio municipal de basura.

Fuente: Consultoría Ambiental Integral Seguridad e Higiene, S.A. de C.V.

5.4. Evaluación de riesgo ambiental

Un riesgo se define como un peligro no controlado, y durante el proceso de recuperación del disolvente pueden surgir riesgos que deben controlarse y corregirse en la medida de lo posible.

La Litografía debe estar en constante evaluación de los riesgos ambientales que puedan presentarse; ésta evaluación indicará los riesgos a la salud humana o a los sistemas ecológicos por métodos cuantitativos o cualitativos. En base a los métodos de evaluación de riesgos que empleen se logrará determinar la implementación de más medidas de seguridad y planes de contingencia.

5.4.1. Origen del riesgo

Las áreas de riesgo bien definidas como origen de éstas son: el proceso de limpieza de los rodillos de las máquinas *offset*, el almacenamiento del disolvente contaminado, el almacén del disolvente para reciclar y el proceso *in situ* de recuperación del disolvente.

5.4.2. Consecuencias económicas, sociales o ambientales

Las consecuencias posibles al implementar el sistema de recuperación de disolventes se verán a nivel económico, social y ambiental. En la Tabla XIX se muestran estas consecuencias.

Tabla XXII. Consecuencias económicas, sociales o ambientales

Económicas	Ahorro en la compra del disolvente puro, cuyo valor es alto y ahorro en la eliminación del desecho la cual es especialmente problemática y costosa.
Sociales	Oportunidad de trabajo al contratar personal para el

	desarrollo de la implementación y gestión de la recuperación del disolvente. Mejorar en el ambiente en los alrededores de la Litografía.
Ambientales	Reducción en la emisión de COV's lo cual degrada la capa de ozono y minimizar los daños para la salud.

5.5. Control y seguimiento ambiental

En cada proyecto o actividad se debe llevar un control y un seguimiento ambiental para verificar que la nueva actividad no produce más efectos de los esperados, y a través de este control manejar los efectos trazando líneas de acción para su minimización. El seguimiento provee evidencia concreta sobre la implementación de dichas actividades y permite la retroalimentación entre las expectativas y predicciones teóricas de buenas prácticas y su implementación.

Una herramienta de control y seguimiento ambiental son las auditorías ambientales internas, que implican observar, medir, registrar datos, recolectar y analizar las actividades realizadas y sus respectivos residuos. Para ser efectiva se debe llevar a cabo de forma metódica, periódica y totalmente con el apoyo tanto de los operadores, como del personal encargado de la seguridad industrial y ambiental.

Para estos controles se deben mantener registros que indiquen la evolución de la actividad. Como ciclo para el control se emplea el PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

5.5.1. Registros

Los registros son importantes para el control y seguimiento ambiental ya que nos permiten conocer y comparar la evolución de la implementación en determinados periodos de tiempo. El registro de información necesaria para el seguimiento ambiental se muestra en la Tabla XX.

TABLA XX Registro de información necesaria para el seguimiento ambiental.

Información necesaria	Descripción
Actividad:	Se refiere al proceso a auditar, en este caso sería el proceso de recuperación de disolventes.
Nombre o equipo auditor:	Nombre de las personas que realizarán la auditoría
No. de auditoría:	Se refiere al número de auditoría que se realiza, ya sea 1, 2, 3 y así sucesivamente.
Fecha de última auditoría dd/mm/aa	Se coloca la fecha de la última auditoría realizada.
Fecha de realización de la auditoría:	Se coloca la fecha actual de la auditoría a realizar.
Cumple con las medidas de	En este punto se determina si se ha

mitigación:	cumplido con las medidas de prevención para evitar accidentes o daños en la empresa. En caso de no cumplir con todas las medidas establecidas, se colocan en hallazgos para determinar una línea de acción.
Riesgos controlados:	Con una lista de verificación se observa si los riesgos posibles están controlados y se anotan para determinar que riesgos están en control.
Riesgos no controlados o hallazgos:	Con la misma lista de verificación se observa los riesgos que no son controlados y que pueden ocasionar daños al operador o al medio ambiente. Además se observa si se han cumplido con las acciones establecidas en la auditoría anterior para la mejora de la gestión del reciclaje del disolvente, en caso no se han cumplido se coloca como un hallazgo.
Acciones tomadas:	Se establecen las líneas de acción a corto, mediano o largo plazo para controlar los riesgos o hallazgos encontrados en la auditoría o mejoras en las actividades actuales.
Observaciones:	Se anotan pequeñas observaciones

	que no se tomaron en cuenta como líneas de acción.
Firma de aprobado por responsables:	Se firma y se sella como aprobación a la auditoría realizada, comprometiéndose a asumir y cumplir con las líneas de acción tomadas.

Estos registros permitirán evaluar y mejorar las buenas prácticas ambientales realizadas en cada periodo de tiempo. Además respaldan la actividad realizada, ya que ayudan a permanecer en constante compromiso con la salud de los operarios y con el cuidado del medio ambiente.

A partir de estos registros se elabora el plan de gestión ambiental propiamente para esta actividad de reciclaje del disolvente, donde se establecen todas las líneas de acción que se deben realizar para cumplir con los requerimientos por la Legislación Ambiental. Se emplea el ciclo de PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

5.6. Beneficios ecológicos al reciclar, recuperar y reusar el disolvente

Utilizar sistemas para reciclar, recuperar y reusar el disolvente es una estrategia ambiental de prevención, ya que busca aumentar la eficiencia en el uso del disolvente y reducir los riesgos en las personas y en el medio ambiente. Es un beneficio de doble vía, tanto para la empresa como para el medio

ambiente: productividad y calidad para la empresa; y seguridad y respeto para el medio ambiente.

Los beneficios ecológicos se observan en el desempeño ambiental de la empresa al generar menos residuo de disolvente al mes (15%) y a reutilizar la mayor parte del disolvente en el proceso de limpieza de los rodillos de las máquinas *offset* (85%).

5.7. Tratamientos alternos para disolventes no tratados

Todo desecho peligroso que se genere en actividades realizadas de producción debe ser tratado antes de su eliminación. En caso de que no se reutilice el disolvente *wash-HPL*, debe tratarse como un desecho peligroso.

Previo a su eliminación debe ser almacenado en un contenedor especial. El contenedor debe mantenerse tapado, y que no exceda de un llenado máximo del 80% de éste.

El contenedor debe estar limpio por afuera y no debe presentar golpes que puedan originar fugas o derrames; debe estar etiquetado de desecho peligroso para su identificación y evitar accidentes.

Ya almacenados en tanques, listos para retirar de la planta, debe considerarse que tipo de tratamiento se empleará para su eliminación. Algunos de los tratamientos más comunes son la inyección profunda, tratamientos biológicos, tratamientos fisicoquímicos e incineración en tierra; además otro tratamiento para otros tipos de desechos es el de rellenos diseñados.

5.7.1. Inyección profunda

En un sistema de inyección profunda, un quemador atomiza el residuo y lo inyecta en una cámara de combustión donde es incinerado en la presencia de aire u oxígeno. Un sistema de ventilación forzada provee la cámara de combustión y la turbulencia para el mezclado. La cámara de combustión es generalmente un cilindro revestido con ladrillo refractorio.

5.7.2. Rellenos especialmente diseñados

Un relleno especialmente diseñado es una instalación para el manejo de residuos destinada a la disposición final de residuos peligrosos en terrenos, diseñada, construida y operada cumpliendo con los requerimientos específicos por la municipalidad del lugar.

No es recomendable dar disposición final en rellenos especialmente diseñados para los siguientes tipos de residuos peligrosos:

- Residuos líquidos inflamables.
- Envases o recipientes vacíos. Pueden disponerse únicamente aquellos que hayan sido acondicionados para evitar futuros asentamientos.
- Residuos que afecten la resistencia o reaccionen químicamente con las barreras de impermeabilización del relleno o de la instalación.

Los rellenos son una alternativa de tratamientos para materiales que contienen compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos semivolátiles o no volátiles.

5.7.3. Tratamiento biológico

El tratamiento biológico puede utilizarse para degradar y eliminar ciertos desechos que contienen disolventes, pero se requiere gran cuidado y selectividad para que esos métodos funcionen con eficacia.

No todos los disolventes son biodegradables, y el proceso biológico mismo depende de la continuidad y la uniformidad de la corriente de desechos. Muchos disolventes clorados son muy poco aptos para ser tratados con los métodos biológicos convencionales o corrientes, por ser resistentes a la desintegración, ser tóxicos para el medio ambiente o por ambos motivos a la vez.

5.7.4. Tratamiento fisicoquímico

Existen métodos de tratamiento fisicoquímico aplicables a ciertos tipos de disolventes de desecho. Para desechos acuosos es eficaz el tratamiento de la oxidación con aire húmedo o nuevas tecnologías como la del agua supercrítica.

Los disolventes de desechos halogenados pueden tratarse por medio de una serie de operaciones de dehalogenación química, pero su costo en este

momento no es atractivo desde el punto de vista económico para aplicarlas a los desechos de disolventes clorados en general.

5.7.5. Incineración en tierra

Los desperdicios combustibles normales como papel, madera, disolventes pueden ser eliminados quemándolo. Para poder quemarlos tiene que utilizarse un espacio abierto y utilizar un medio adecuado para el encendido.

Cuando son líquidos extremadamente inflamables, se pueden usar terrenos exclusivos para quemar, pero se debe tener el cuidado de verificar hacia donde se dirige el viento, o también se pueden utilizar quemadores a presión especiales para el caso.

6. SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA

La implementación de un sistema de recuperación de disolventes lleva consigo que después de ser implementado se maneje un seguimiento y control para su buen desarrollo. Desde el ámbito de seguridad industrial y medio ambiente es necesario establecer medidas de prevención.

Desde el ámbito de gestión del sistema y del recurso es indispensable controlar la cantidad de emisiones de disolvente a través de hojas de control, establecer un programa de mantenimiento para su buen desarrollo y la asignación de las personas responsables de este seguimiento y control.

6.1. Medidas de prevención

Para evitar daños o accidentes en el uso de esta recuperadora de disolventes se proponen algunas medidas de prevención, estas se observan en la Tabla XXI.

Tabla XXI. Medidas de prevención para el sistema de recuperación de disolventes.

Medidas de prevención	
Instalaciones eléctricas:	Toda instalación será verificada periódicamente y todas las piezas metálicas estarán conectadas a tierra por razones de equilibrio potencial.

Áreas de no fumar:	No se permitirá fumar en zonas cercanas al área donde se ubique la recuperadora. Letreros con leyendas de “No Fumar” serán ubicados en los límites de la zona cercana a la recuperadora de disolvente.
Ventilación:	Toda la zona interior donde se ubique la recuperadora deberá estar provista de sistemas adecuados de ventilación forzada.
Medidas de protección:	Deberán instalarse extintores próximos al área. Todos los operarios o personal que ingrese al lugar donde se ubique la recuperadora deberá estar dotado de equipamiento adecuado. Además, deberá instalarse 2 duchas de emergencia en la zona de estanque de almacenamiento de disolvente.

En caso de fugas de disolvente, para garantizar condiciones seguras, el personal deberá seguir las siguientes medidas:

- Siempre disponer de un extintor de polvo.
- Prohibido fumar
- Se sugiere absorber el disolvente con un material poroso adecuado.
- No usar o transportar aparatos eléctricos o electrónicos que no sean necesarios en el área de fuga.
- Vestir ropas y zapatos antiestáticos.
- Usar solo herramientas con sistemas antichispas.
- En lo posible, no inhalar vapores del disolvente.

6.1.1. Protección y dispositivos de seguridad

En el área donde se instale la recuperadora de disolventes es necesario colocar protectores o guardas y dispositivos de seguridad que garanticen la protección de los operadores y evitar el riesgo de accidentes.

Los protectores son aquellos elementos que cubren las maquinarias y equipos para evitar riesgos al operador. Los protectores que cubran la recuperadora deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Proporcionar una protección total al operador.
- Permitir el movimiento libre del operador
- Impedir el acceso al área de riesgo a trabajadores no autorizados.
- Evitar que los protectores interfieran con la operación de la recuperadora.
- Estar fijos y ser resistentes para que su función sea segura.

Los dispositivos de seguridad son elementos que se deben de instalar para detectar riesgos e impedir el desarrollo de una fase peligrosa en el área donde se encuentra la maquinaria o equipos. Los dispositivos de seguridad para la recuperadora deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Estar al alcance del operador
- Proporcionar una protección total al operador
- Estar integrados a la recuperadora
- Facilitar el mantenimiento, la conservación y la limpieza general del dispositivo.
- Dar protección contra una operación involuntaria.

Los protectores y los dispositivos deben funcionar de una manera integral de forma que cuando los protectores no se encuentren en su lugar los dispositivos de seguridad no permitan el funcionamiento de la recuperadora.

6.2. Control de emisiones de disolvente

Como parte de la gestión de la recuperación de disolventes se considera el control de emisiones de disolvente, es decir la cantidad de disolvente desechada y recuperada en cada proceso de recuperación del mismo con el fin de controlar y evaluar que la actividad de recuperación sea factible y funcional para la Litografía.

Herramientas aplicables para el control de emisiones de disolvente son los siguientes:

- Hojas de control
- Indicadores. Es importante definir indicadores antes y después de la implementación, a fin de tener una evaluación crítica y cuantificable de la mejora implementada. La Tabla XXII muestra dos indicadores útiles para el control del disolvente consumido y recuperado.

Tabla XXII. Indicadores para el control del disolvente consumido y recuperado.

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo anual de disolventes	total	galones
Porcentaje de utilización de disolventes	Disolvente recuperado/consumo de disolventes	%

Las hojas de control son la propuesta para el control de emisiones del disolvente empleado en la Litografía.

6.2.1. Hojas de control de disolvente contaminado

Las hojas de control son una herramienta para el registro y control de la cantidad de disolvente que se consume y se recupera. Se emplea de manera rutinaria en cada actividad de recuperación de disolvente anotando en una hoja de papel con un formulario propuesto la cantidad de disolvente desechado para recuperación.

La hoja de control de disolvente contaminado se presenta en el Anexo 2

6.2.2. Hojas de control de disolvente recuperado

El control del disolvente recuperado puede gestionarse de manera similar al del disolvente contaminado. Esta hoja de control debe llenarla el operador responsable de la actividad de recuperación del disolvente. En el Anexo 3 se muestra la hoja propuesta para el control de disolvente recuperado.

6.3. Programa de mantenimiento de maquinaria

Para el buen funcionamiento de la recuperadora y de la actividad de recuperación es importante diseñar un programa de mantenimiento el cual establezca el periodo de tiempo necesario para realizar actividades de mantenimiento preventivo y predictivo. En situaciones emergentes se realizará el mantenimiento correctivo necesario para la continuidad de la actividad.

6.3.1. Personal encargado

La integración de todas las actividades del programa de mantenimiento se basan en la buena asignación del personal, encargado de velar cada quien por la función asignada. Dentro del diseño del programa de mantenimiento debe establecerse el personal encargado para cada tipo de mantenimiento. En la Tabla XXVI se presenta al personal encargado para el mantenimiento de la recuperadora.

Tabla XXIII. Personal encargado para el mantenimiento de la recuperadora.

Tipo de mantenimiento	Personal encargado
Preventivo	Operador de la recuperadora
Correctivo	Depto. De Mantenimiento
Predictivo	Operador o depto. De mantenimiento
Total	Operadores y ejecutivos

6.3.2. Mantenimiento preventivo

En el mantenimiento preventivo se realizará inspecciones de funcionamiento, de seguridad, de limpieza, de lubricación y de ajustes. Se deben respetar las fechas programadas y establecidas para esta actividad de mantenimiento preventivo ya que el propósito es prever posibles fallas que impidan el buen funcionamiento de la recuperadora o que provoquen algún daño tanto al equipo como al operador.

6.3.3. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realizará cuando se presenten fallas o averías que impiden el funcionamiento de la recuperadora o sea un riesgo de daño para la máquina o el operador. Es una actividad no planificada.

Cuando sea necesario una reparación urgente se avisará al departamento de mantenimiento de la Litografía que disponen del personal, repuestos, y manuales técnicos para llevarlo a cabo.

6.3.4. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento se realizará cuando el operador o el personal de mantenimiento detecten una falla antes de que ésta suceda. Esta detección se puede llevar a cabo a través de controles o inspecciones programadas de forma periódica. También se pueden emplear instrumentos de diagnóstico que mida la temperatura, el sistema eléctrico, etc.

La ventaja de realizar este tipo de mantenimiento es que reduce el tiempo de parada de la recuperadora por fallas no detectadas.

6.3.5. Mantenimiento Total

En la Litografía está implementado el programa de mantenimiento total productivo, que es la culturización en los operadores y en los ejecutivos de mantener y cuidar de que se encuentren en buen estado todas las máquinas y equipos. Las consignas a cumplir son de cero averías en las máquinas, cero defectos en la producción, cero accidentes.

El operador de la recuperadora y el personal encargado de ésta actividad de recuperación deben integrarse al mantenimiento total, donde el encargado

de TPM, sus siglas en inglés, debe motivar al personal a desarrollar las actividades propuestas por el programa de TPM.

CONCLUSIONES

1. Los disolventes empleados en las industrias litográficas para la limpieza de los rodillos y mantillas de las máquinas *offset* son en su mayoría disolventes no halogenados, como derivados del petróleo, acetato de butilo, etanol, xileno, tolueno y benceno. El disolvente empleado en la Litografía en estudio es nafta ligera aromatizada, un derivado del petróleo.
2. Las principales actividades dentro del proceso de impresión que generan disolvente contaminado son la limpieza de los rodillos entintadores y la mantilla de las máquinas *offset*; esta actividad se realiza en cada cambio de producto a imprimir y si la tinta es distinta al producto impreso previamente.
3. Actualmente, son pocas las industrias litográficas que conocen y emplean un sistema de recuperación de disolventes. El tratamiento actual del disolvente contaminado en la industria litográfica en estudio es retirar de la planta el desecho del disolvente sucio a una persona particular que lo reutiliza.
4. La implementación del sistema de recuperación de disolventes es factible tanto económicamente como técnicamente, ya que reduce los costos en la compra del disolvente al reutilizarlo, se optimiza el uso de este

recurso. Este sistema puede realizarse dentro de la planta y mejora el proceso de tratamiento de desecho final, disminuyendo así la contaminación al medio ambiente.

5. Los costos anuales en la compra del disolvente se reducen en un 45% , logrando así un aumento del 60% en optimización de este recurso.

6. La implementación de un sistema de recuperación de disolventes reduce la contaminación al medio ambiente en un 85% del desecho de este recurso, ya que es la cantidad que se recupera y no se desecha al medio ambiente.

7. El sistema de control necesario para la gestión del sistema de recuperación de disolventes es en dos vías: control administrativo y control ambiental, empleando para ellos hojas de control de disolvente contaminado y hojas de control de disolvente recuperado; además de índices de productividad e índices ambientales. Así también, una constante capacitación al personal involucrado y evaluaciones para la mejora continua de este sistema

RECOMENDACIONES

1. Determinar los componentes del disolvente que se desea recuperar previo a la implementación de un sistema de recuperación, ya que esto permite establecer el proceso químico más factible y viable, tanto técnico como económico, y así lograr la optimización de este recurso.
2. Asignar, en la medida de lo posible, de forma continua a las máquinas *offset* las órdenes de impresión que contengan la misma secuencia de colores, para minimizar la actividad de limpieza con disolvente en cada unidad de la máquina, con esto se reduce el desecho de disolvente y el tiempo de impresión.
3. Investigar sobre tratamientos alternos para el desecho de disolvente que se adecuen al presupuesto de la empresa, en caso de no contar con los recursos necesarios para la implementación de un sistema de recuperación.
4. Promover el uso de disolventes alternativos o “disolventes limpios” con baja toxicidad y volatilidad, para evitar los daños a la salud de las personas y el daño al medio ambiente.

5. Tomar la medida de seguridad necesaria previa a desarrollar la actividad de recuperación, desde equipos de protección personal hasta equipo de seguridad patrimonial.

6. Motivar a los operadores y encargados en este proyecto a cumplir con buenas prácticas medioambientales, no solo en el desecho del disolvente sino en todos los recursos empleados en la actividad litográfica.

7. Mantener una constante evaluación del desarrollo del sistema de recuperación de disolvente, con el objetivo de mejorar el sistema y evitar malas prácticas que provoquen daños a la empresa y al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Garrido, Santiago. **Regulación básica de la producción y gestión de residuos.** FC Editorial, 1998.
2. Castells, Xavier Elías . **Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales de construcción.** Argentina: Díaz de Santos, 2000.
3. Manahan, Stanley E. **Introducción a la química ambiental.** Reverte, 2007.
4. Reppeto, Manuel. **Toxicología fundamental.** Argentina: Ediciones Díaz de Santos, 1997.
5. Perdomo Salguero, Mario Leonel. **Presupuesto y evaluación de proyectos.** El Salvador: Editores ECA, 2003.
6. Conesa Ripoll, Vicente. **Los instrumentos de la gestión ambiental en la empresa.** España: Mundi-Prensas Libros, 1997.
7. Comisión Nacional del Medio Ambiente- Región Metropolitana. **Guía para el control y prevención de la contaminación industrial.** Chile: CONAMA,1999.
8. Barrios Barrios, Ana Victoria. Análisis y control de costos en el proceso de reciclado de residuos de hule. trabajo de graduación Ingeniería

- Industrial, Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
9. Toledo Barrientos, Ángel Oswaldo. Implementación de sistema de recuperación de desechos de vidrio para su reciclaje industrial en Guatemala. trabajo de graduación Ingeniería Industrial Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
 10. Molina Palma, William Roberto. Control Interno del reciclado de materiales en proceso y productos terminados en una empresa industrial. trabajo de graduación Contador Público y Auditoría Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2008.
 11. López Cruz, Luis Estuardo. Factibilidad técnica y financiera de contratar a un proveedor externo para el servicio de reciclado. trabajo de graduación Ingeniería Industrial Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001.

ANEXOS

Anexo I. Características de la recuperadora de disolvente

REGENERADOR DE DISOLVENTE	
Modelo:	SET 42 N Digit
Capacidad:	45 litros
Potencia instalada:	220-240v/1/50-60 hz
Dimensiones:	600 x 850 x 1100 mm
Peso:	85 Kg
Ciclo:	12 hrs
Temperatura de trabajo:	50-190°C
Calentamiento	Indirecto aceite diatérmico
Cantidad de aceite	21 lts
Refrigeración	Ventilación forzada por aire
GENERADOR DE VACÍO	
Modelo:	Generador de vacío neumático GV 70 S.
Capacidad:	85 lts.
Depósito:	Acero Inoxidable
Nivel de vacío:	85% aproximado
Funcionamiento:	Neumático

Fuente: Proveedor de recuperadora de disolvente

Anexo 2. Proveedores de sistemas de recuperación de disolventes

Empresa	Contacto
<p>CB Mills Div. Of Chicago Boiler Co. 1300 Northwestern Ave., Gurnee, IL 60031-2348. USA. Fono: 1-847-662-4000. Fax: 1-847-662-4003 http://www.cbmills.com</p>	<p>Sr. Sergio Pera Email: inkmaker@uol.com.br Inkmaker. Rua da Paz 412/222 Curitiba-CEP 80060-160PR. Brasil. Fono: 55-41-362-9862. Fax:55-41-362-9862</p>
<p>IRAC Srl. Via Palmiro Togliatti, 46/2/a. 42020 Montecavolo di Quattrocastella (RE). Italy. Fono: http://www.ittc.it/irac/default.htm</p>	<p>Sra. Federica Dazzi Email: iracsale@itc.it</p>
<p>PBR Industries. 143 Cortland Street, Linderhurst, N.Y. 11757. USA. Fono: 1-516-226-2930. Fax: 1-516-226-3125 http://www.pbrind.com</p>	<p>Sr. Michael Robbins Email:mnrobbi@ibm.net</p>
<p>PURASTILL Division of Patoman, Inc. P.O. Box 3136. 900 N Westwood Ave. Toledo, OH43607. USA. Fono: 1-419-536-7384. Fax: 1-419-536-9589 http://www.toltbbs.com/-purastill/index.htm</p>	<p>Sr. Frank Reynolds Email:FJR424@aol.com</p>
<p>Recycling Sciences, Inc. 16619 Wikiup Road, Ramona, CA 92065-4161. USA. Fono: 1-760-789-9341. Fax: 1-760-787-0249 http://www.rescience.com/index.htm</p>	<p>Sr. Eduardo Manoukian Email:smym@internet.siscotel.com SMIM Srl. Enrique Santamarina 235, C.P. 1842, Monte Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Fono: 54-11-42902708. Fax: 54-11-42902708</p>
<p>Westport Environmental Systems. 251 Forge Road, Westport, MA 02790-0217. USA. Fono: 1-508-636-8811. Fax: 1-508-636-2088 http://www.wesenvsys.com/</p>	<p>Email: bailey@wesenvsys.com</p>
<p>B/R Instrument Corporation. 9119 Centreville Road, Easton, Maryland 21601. USA. Fono: 1-410-820-8800. Fax: 1-410-820-8141 http://www.brinstrument.com/</p>	<p>Sr. Paul F. Van Trieste Email:brintl@brinstrument.com</p>
<p>Progressive Recovery, Inc. 700 Industrial Drive, Dupo, Illinois 62239. USA. Fono: 1-618-286-5000. Fax: 1-618-286-5009 http://www.progressive-recovery.com/index.html</p>	<p>Sr. Wayne Humphrey Email: Pridupo@aol.com</p>
<p>Kleer-Flo Company. 15151 Technology Drive, Eden Prairie, MN 55344-2294. USA. Fono: 1-612-934-2555. Fax: 1-612-934-3909 http://www.kleer-flo.com/recycling/seprator.htm</p>	<p>Sr. Ward Blomsquit Email:KLEER-FLO@email.msn.com</p>

Fuente: Documento de Recuperación de Solventes de la Comisión Chilena del Medio Ambiente

Anexo 3. Hoja de control de disolvente contaminado

HOJA DE CONTROL DE DISOLVENTE CONTAMINADO

FECHA	No. CICLO	ORIGEN (Prensa No.)	CANT. DE TONELES	CANTIDAD DE DISOLVENTE CONTAMINADO (LT)	OPERADOR (Nombre y Firma)

Anexo 4. Hoja de control de disolvente recuperado.

HOJA DE CONTROL DE DISOLVENTE RECUPERADO

FECHA	No. CICLO	ORIGEN (Prensa No.)	DESTINO (Prensa No.)	CANT. DE TONELES	CANTIDAD DE DISOLVENTE RECUPERADO (LT)	OPERADOR (Nombre y Firma)