



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

**OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA
PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y
ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS
CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA**

Sigríd Jussela Aquino Oliva

Asesorado por el Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA
PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y
ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS
CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SIGRID JUSSELA AQUINO OLIVA
ASESORADO POR EL ING. CARLOS LEONEL MUÑOZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

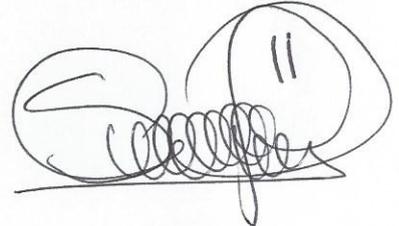
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
EXAMINADOR	Ing. Walter Aníbal García Pérez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA
PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y
ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS
CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2016.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Sigrid Jussela Aquino Oliva

Guatemala, 6 de febrero de 2018

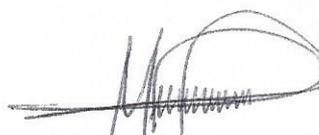
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú:

Me es grato saludarlo y desearle éxitos en sus labores. Por medio de la presente, me dirijo a su persona para notificarle que he asesorado y revisado el trabajo de graduación de la estudiante: Sigrid Jussela Aquino Oliva, quien se identifica con registro académico: 201213398, de la carrera de Ingeniería Industrial titulado: **OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA.** Para tal efecto, me es grato comunicarle que a criterio de mi persona se encuentra aprobado en su totalidad.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me es grato suscribirme,

Atentamente,



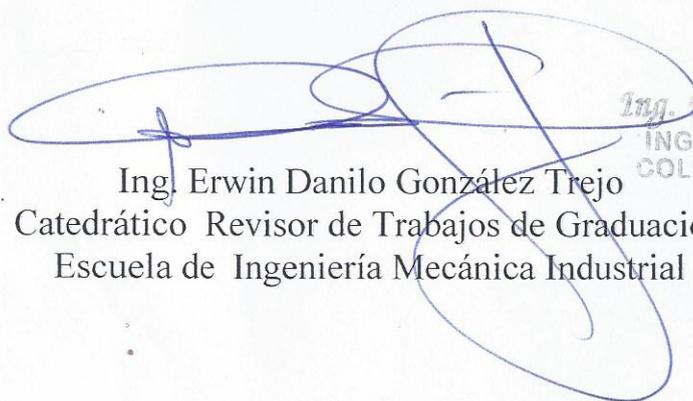
Carlos Leonel Muñoz Lemus
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 10,568

Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 10568
Móvil: 56925106



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA**, presentado por la estudiante universitaria **Sigrid Jussela Aquino Oliva**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Guatemala, febrero de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.051.018

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 **OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA**, presentado por la estudiante universitaria **Sigrid Jussela Aquino Oliva**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2018.

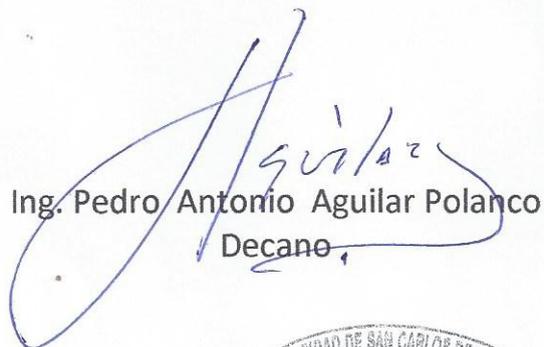
/mgp



DTG. 154.2018

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: **OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PETROQUÍMICA A TRAVÉS DE UN NUEVO DISEÑO EN LA LÍNEA DE ENVASADO Y ETIQUETADO, HACIENDO USO DEL RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINADOS Y SUBPRODUCTOS DE FÁBRICA,** presentado por la estudiante universitaria: **Sigrid Jussela Aquino Oliva,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

La Santísima Trinidad	Por ser mi amparo, darme la fuerza para luchar en la vida y haberme permitido culminar esta carrera profesional, gracias por su amor infinito.
La Virgen María	Por ser luz en mi vida personal, estudiantil y profesional.
Mis Hermanos	Ligia Aquino Oliva, Wagner Gabriel Aquino, Iracema Aquino, gracias por su amor y apoyo.
Mis padres	Emma Rosario Oliva Carrera y Domar Roberto Aquino Muñoz, por su amor, paciencia, gracias por confiar en mí y darme todo su apoyo para culminar esta carrera.
Guatemala	Mi Patria, país de la eterna primavera.
Mis amigos	Melany Vásquez, David Sagastume, Joselyn Payés, Emilio Franco, Estefanía Rodríguez, André Serrano, Isabel Sandoval, Nereyda García, Ligia Aquino, Wagner Aquino, Iracema Aquino, por sus distintas muestras de amor infalible, amistad y apoyo en mi vida profesional y personal.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y otorgarme la oportunidad de ser una profesional egresada de la mejor casa de estudios de Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y las herramientas necesarias para desarrollarme con excelencia e integridad en el mercado laboral.
Dios	Por darme la vida, brindarme luz, sabiduría para discernir, fuerza, facultad para avanzar y dirección al progresar.
Facultad de humanidades	Porque aprendí muchas cosas buenas de todo el cuerpo estudiantil, profesores y personal administrativo.
Roberto Mazariegos	Por ser un buen amigo y por confiar en mí, al compartir conocimientos e instruirme para desarrollarme y crecer como mejor persona.
Alma Juárez y Mariana Juárez	Por ser mis amigas sinceras, brindar siempre buenos consejos y cuidar de mí de una forma especial.

Los profesores

Por formarme como profesional y compartir sus conocimientos, experiencias y consejos.

Romin Pacheco

Por ser un ejemplo a seguir en: perseverancia, trabajo en equipo y liderazgo.

Carlos Muñoz

Por compartir sus conocimientos, brindarme tiempo, dedicación, asesoramiento y ser un amigo especial.

Amigos

Por otorgarme su tiempo, sus risas y, a su vez, manifestar hermosas y distintas muestras de amor.

La Virgen María

Por darme su apoyo y amor infalible en todo momento.

San Judas Tadeo

Por ser intercesor en las causas difíciles.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Industria petroquímica	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Información general	2
1.1.3. Ubicación	2
1.1.4. Misión	2
1.1.5. Visión.....	3
1.1.6. Valores	3
1.1.7. Tipo de organización	4
1.1.7.1. Organigrama.....	4
1.1.7.2. Marco legal	4
1.1.7.3. Giro de la Industria	5
1.2. Área de envasado y etiquetado	6
1.2.1. Definición	6
1.2.2. Línea de envasado y etiquetado.....	6
1.2.3. Ubicación	7
1.2.4. Características de la línea de envasado y etiquetado.....	7

1.3.	Producción	8
1.3.1.	Definición.....	8
1.3.2.	Actividades dentro de la línea de envasado y etiquetado.....	9
1.3.3.	Producción Intermitente	10
1.3.4.	Cuidados para envasado de solventes químicos	10
1.3.5.	Capacidad de producción.....	11
1.3.6.	Envasado en presentación galón	11
1.3.7.	Envasado en presentación de litro	11
1.3.8.	Envasado en presentación de barril	12
1.4.	Ergonomía.....	12
1.4.1.	Definición.....	12
1.4.2.	Importancia de la ergonomía.....	12
1.4.3.	Aplicación de la ergonomía en las áreas de trabajo	13
1.4.4.	Relación de la ergonomía y la eficiencia en las operaciones.....	13
1.4.5.	Ergonomía en las estaciones de trabajo	13
1.4.6.	Innovación de la ergonomía en áreas de trabajo	14
1.4.7.	Ergonomía ocupacional.....	14
	1.4.7.1. Definición.....	14
	1.4.7.2. Beneficios de su aplicación	15
1.4.8.	Factores de riesgo ergonómico	15
	1.4.8.1. Manipulación de cargas pesadas	15
	1.4.8.2. Sobrecarga física	16
	1.4.8.3. Sobrecarga mental	16
	1.4.8.4. Posturas inadecuadas.....	17
	1.4.8.5. Movimientos repetitivos.....	17

	1.4.8.6.	Torsiones y rotaciones del cuerpo humano.....	17
	1.4.8.7.	Resbalones y traspiés	18
	1.4.8.8.	Empujes y arrastres.....	18
1.5.		Reciclaje.....	19
	1.5.1.	Definición.....	19
	1.5.2.	Características del reciclaje de barriles de acero al carbón.....	19
	1.5.3.	Tipos de reciclaje.....	20
	1.5.3.1.	Reducir el uso de tarimas	20
	1.5.3.2.	Reutilizar barriles de acero al carbón ..	21
	1.5.3.3.	Reciclar por medio de la innovación los desechos sólidos.....	21
	1.5.4.	Manejo de desechos sólidos en barriles de acero al carbón.....	21
	1.5.5.	Saneamiento de desechos sólidos contaminados..	22
	1.5.6.	Reciclaje de desechos contaminados.....	22
	1.5.7.	Nuevos usos de desechos sólidos.....	22
	1.5.8.	Relación del reciclaje y sostenibilidad de Guatemala	23
	1.5.9.	Relación del reciclaje y la química.....	23
1.6.		Contaminación cruzada.....	23
	1.6.1.	Definición.....	24
	1.6.2.	Contaminación cruzada en las industrias químicas	24
1.7.		Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	24
	1.7.1.	Ubicación.....	25
	1.7.2.	Visión.....	25
	1.7.3.	Misión	25

1.7.4.	Historia	26
1.8.	Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente	26
1.9.	Decreto 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente	27
1.10.	Pacto Ambiental 2016-2020	27
1.11.	Sistema de gestión ambiental ISO 14004:2015	27
1.12.	Sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2015.....	28
2.	SITUACIÓN ACTUAL	29
2.1.	Generalidades de la planta	29
2.2.	Distribución en el área de envasado y etiquetado.....	29
2.2.1.	Características de la línea de envasado y etiquetado.....	30
2.2.2.	Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).....	30
2.3.	Operaciones de la planta en la línea de envasado y etiquetado	31
2.3.1.	Ingeniería de métodos.....	32
2.3.2.	Definición.....	32
2.3.3.	Estudio de tiempos de envasado y etiquetado	32
2.4.	Diagramas de flujo en la línea de envasado y etiquetado	35
2.5.	Diagramas de recorrido.....	39
2.6.	Diagrama de causa y efecto de retrasos en la línea de envasado.....	40
2.7.	Tiempo de ocio y cuellos de botella en la operación de envasado y etiquetado	40
2.8.	Eficiencia de las operaciones y funcionamiento de una línea de envasado y etiquetado	41

3.	PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA	43
3.1.	Departamento de envasado y etiquetado	43
3.2.	Materiales para la fabricación de las estaciones de trabajo	43
3.3.	Dimensión de las estaciones de trabajo	44
3.4.	Costos de propuesta	47
3.4.1.	Costo de material y equipo para la fabricación de estaciones de trabajo.....	47
3.4.2.	Costo por reciclaje de barriles	47
3.4.3.	Costo por reciclaje de tarimas	48
3.4.4.	Costo de mano de obra por soldar barriles.....	48
3.4.5.	Costos por fabricar una estación de trabajo ergonómica.....	48
3.5.	Fase inicial.....	49
3.5.1.	Plan de reciclaje dentro de la planta.....	50
3.5.2.	Área de envasado y etiquetado	50
3.5.3.	Plan de manejo de desechos sólidos en la planta ..	50
3.5.4.	Cronograma de recolección de desechos	52
3.5.5.	Diagrama de flujo de recolección de barriles de acero al carbón	53
3.5.6.	Diagrama de flujo de recolección de tarimas	54
3.5.7.	Selección de barriles y tarimas	55
3.5.8.	Limpieza de barriles.....	56
3.5.9.	Limpieza de tarimas.....	57
3.5.10.	Saneamiento de barriles	58
3.5.11.	Saneamiento de tarimas.....	58
3.6.	Fase Intermedia.....	58
3.6.1.	Fabricación de estaciones de trabajo	58

3.6.2.	Diseño de planos de estaciones de trabajo ergonómicas.....	59
3.6.3.	Requisitos técnicos para la fabricación de las estaciones de trabajo	60
3.6.4.	Diagrama de flujo para la fabricación de las estaciones de trabajo	61
3.6.5.	Diagrama de recorrido mejorado del área de envasado.....	62
3.6.6.	Distribución de la planta con la nueva línea de envasado.....	63
3.7.	Fase final.....	63
3.7.1.	Ubicación de las estaciones de trabajo	63
3.7.2.	Planos del área de envasado mejorado	65
3.7.3.	Limpieza y mantenimiento de las estaciones de trabajo	66
3.7.4.	Diagrama de operaciones mejorado	68
3.8.	Diagramas de flujo mejorado	69
3.8.1.	Envasado y etiquetado de barril mejorado	70
3.8.2.	Envasado y etiquetado de galón mejorado	72
3.8.3.	Envasado y etiquetado de galón	73
3.8.4.	Envasado y etiquetado de litro mejorado	74
3.8.5.	Diagrama de recorrido mejorado.....	76
3.9.	Localización de los utensilios en las estaciones de trabajo.....	77
3.10.	Plan de prevención de contaminación en la línea de producción.....	77
3.11.	Capacitaciones y prevención de contaminación del medio ambiente	78
3.12.	Decreto 68 – 96. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente	79

4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	81
4.1.	Requisitos para el reciclaje de desechos.....	81
4.1.1.	Procedimiento para reciclaje de tarimas y barriles	82
4.1.2.	Procedimiento para reciclaje de barriles de acero al carbón.....	84
4.1.2.1.	Selección de desechos sólidos para inicio de reciclaje	86
4.1.2.2.	Metodología para saneamiento de desechos sólidos	86
4.1.2.3.	Reutilización de barriles y tarimas	87
4.2.	Medidas de estaciones de trabajo ergonómicas.....	88
4.3.	Tiempo para fabricación de estaciones de trabajo	90
4.4.	Diagrama de flujo mejorado.....	90
4.5.	Diagrama de recorrido mejorado	92
4.6.	Diagrama bimanual de envasado y etiquetado de barriles	93
4.7.	Gráficos de control	94
4.7.1.	<i>Check-list</i> para control de envasado y etiquetado ..	96
4.7.2.	Balance de líneas	97
5.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	101
5.1.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	108
5.1.1.	Bases legales	109
5.1.2.	Decreto 68-86 del Congreso de la República: Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente.....	109
5.1.3.	Pacto ambiental Guatemala 2016-2020	112
5.2.	Planes de seguimiento y desarrollo sostenible.....	112

5.2.1.	Medio ambiente y reforestación de áreas boscosas	113
5.2.2.	Importancia de la limpieza de desechos sólidos ...	113
5.2.3.	Gestión de desarrollo de conciencia social ecológica	113
5.2.4.	Manejo del agua potable	114
5.2.4.1.	Tratamiento de aguas	114
5.3.	Tarimas de madera, pino y ciprés	114
5.3.1.	Uso de tarimas en las industrias	115
5.3.2.	Relación del uso de tarimas y tala de árboles	115
5.3.3.	Causas de la deforestación	115
5.3.4.	Tala de árboles en Guatemala	116
5.3.5.	Importancia de reciclaje de tarimas para mitigar la tala de árboles de pino y ciprés	116
5.4.	Producción sostenible y cambio climático	117
5.4.1.	Mejora de la gestión ambiental en Guatemala	117
5.4.2.	Alianzas ambientales en la industria	118
5.4.3.	Plan de mitigación de contaminación	118
6.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	119
6.1.	Usos y maneras de reciclaje	119
6.1.1.	Producción más limpia en las operaciones	119
6.1.2.	Plan de control de desechos	120
6.2.	Cronograma de auditorías.....	123
6.2.1.	Auditoría interna	123
6.2.2.	Auditoría externa	123
6.3.	Clasificación de desechos.....	124
6.3.1.	Cuidado de tarimas	125
6.3.2.	Disminución de apilamiento de desechos	125

6.4.	Acciones correctivas.....	125
6.4.1.	Capacitaciones al personal en medio ambiente ...	126
6.4.2.	Actividades de trabajo en equipo por una Guatemala verde	127
6.5.	Beneficio-Costo	127
6.6.	Resultados de disminución de desechos sólidos	128
6.6.1.	Estadísticas de control de desechos	128
6.6.2.	Gráficas	129
CONCLUSIONES		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
ANEXOS.....		137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Equipo de trabajo de la industria petroquímica	1
2.	Ubicación de la industria petroquímica.....	3
3.	Organigrama de la industria petroquímica	5
4.	Diagrama de flujo de envasado y etiquetado (barril)	36
5.	Diagrama de flujo de envasado y etiquetado (galón)	37
6.	Diagrama de flujo de envasado y etiquetado (litro)	38
7.	Diagrama de recorrido de la línea de envasado y etiquetado	39
8.	Diagrama de causa y efecto.....	40
9.	Vista de planta de área utilizada para trabajo de envasado	45
10.	Vista de planta de espacios de trabajo.....	46
11.	Medidas de alturas para estaciones ergonómicas	46
12.	Recolección de barriles	53
13.	Recolección de tarimas	54
14.	Propuesta de estaciones ergonómicas	59
15.	Fabricación de estaciones de trabajo.....	61
16.	Área de envasado y etiquetado.....	62
17.	Bodega de envasado y etiquetado	64
18.	Mejoras en el área de envasado	65
19.	Mejoras en operaciones	69
20.	Envasado de presentación de barril.....	71
21.	Envasado de presentación de galón	73
22.	Envasado de presentación de litro	75
23.	Recorrido de las operaciones en el área de envasado y etiquetado....	76

24.	Reciclaje de tarimas.....	83
25.	Reciclaje de barriles.....	85
26.	Medidas de barriles de acero al carbón	89
27.	Diagrama de flujo mejorado	91
28.	Diagrama de recorrido de área de envasado y etiquetado	92
29.	Tarimas recicladas.....	95
30.	Barriles reciclados.....	96
31.	Actividades de reciclaje	127
32.	Gráfica de tarimas recicladas	130
33.	Gráfica de barriles reciclados	130

TABLAS

I.	FODA de la Industria Petroquímica	31
II.	Procedimiento: envasado de solventes y etiquetado en barril	33
III.	Tiempo y procedimiento de envasado y etiquetado (galón).....	34
IV.	Procedimiento: envasado y etiquetado en presentación de litro	35
V.	Costos de materiales para estaciones de trabajo	47
VI.	Insumos para reciclar tarimas	48
VII.	Costos para fabricar una estación ergonómica.....	49
VIII.	Resumen de costos para fabricación de estaciones ergonómicas	49
IX.	Recolección para industria petroquímica	52
X.	Hoja de selección de barriles y tarimas	55
XI.	Verificación de limpieza de barriles.....	56
XII.	Procedimiento de limpieza de tarimas	57
XIII.	Definiciones de 5S	66
XIV.	Hoja de verificación de las 5S.....	67
XV.	Procedimiento de envasado de solventes y etiquetado en barril	70
XVI.	Envasado y etiquetado de presentación de galón mejorado	72

XVII.	Envasado y etiquetado mejorado (litro).....	74
XVIII.	Diagrama bimanual	93
XIX.	Tarimas recicladas	94
XX.	Barriles reciclados	95
XXI.	Control de envasado y etiquetado.....	97
XXII.	Datos de operaciones	98
XXIII.	Tiempos de fabricación	99
XXIV.	Balance de líneas.....	100
XXV.	Estudio de evaluación de impacto ambiental	101
XXVI.	Hoja de inspección de materiales recuperables	121
XXVII.	Hoja de control de desechos recuperados	122
XXVIII.	Cronograma de auditoría interna	123
XXIX.	Cronograma de auditoría externa	124
XXX.	Desechos inorgánicos y orgánicos.....	124
XXXI.	Hoja de asistencia a capacitaciones	126
XXXII.	Unidades de tarimas recicladas	128
XXXIII.	Unidades de barriles reciclados	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H ₂ O	Agua
a. m.	Antes de medio día
°C	Centígrados
cm	Centímetro
/	División
gal	Galones
g	Gramos
kg	Kilogramo
lb	Libra
L	Litros
m	Metros
min	Minutos
X	Multiplicación
%	Porcentaje
"	Pulgada
in	Pulgada
Q	Quetzal
s	Segundos
t	Tiempo

GLOSARIO

Barril	Recipiente cilíndrico utilizado para almacenar y transportar líquidos.
Bomba neumática	Equipo utilizado para trasladar líquidos de un recipiente a otro. La bomba neumática funciona utilizando mangueras que conectan los recipientes y extremos de donde se realizarán los trasiegos; al introducir aire al conducto más pequeño este direcciona los líquidos en el conducto mayor.
<i>Check list</i>	Hoja de control. Son formatos creados para revisar el cumplimiento de actividades repetitivas. Es una herramienta que se utiliza para revisar datos en forma ordenada.
Desecho	Residuos que dejan las operaciones industriales realizadas por los humanos, remanentes sobrantes que quedan en la corteza terrestre.
Envasado	Trasiego de líquidos de cantidades mayores a menores, o viceversa; traslado de materiales a otros empaques.

Ergonomía	Estudio del entorno, maquinaria, equipos, herramientas y lugares de trabajo con la adaptación del cuerpo humano.
Fleje	Sujetador metálico que sirve para asegurar el embalaje y empaque de artículos y mercadería.
Granel	Son cantidades de materiales y líquidos que se transportan y venden sin empaquetar.
HMIS	Hazardous Materials Identification System. Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos.
ISO	International Organization for Standardization. Organización Internacional de Estandarización.
Lija	Papel resistente a la abrasión que por lo general lleva capas de granos de materiales ásperos que sirven para brindar acabado de alisado a materiales como madera, plásticos, entre otros.
Microsoft Visio	Programa utilizado para creación de diagramas de flujo, planos, entre otros.
Montacargas	Vehículo industrial utilizado para el movimiento de cargas pesadas.

Petroquímica	Relación relativa a industrias que utilizan el petróleo o el gas natural como materia prima para la extracción y comercialización de productos químicos.
PVC	Policloruro de vinilo, es el derivado del plástico más variable.
<i>Pallet</i>	Base de madera horizontal o cuadrada utilizada para la estiba y carga de materiales, también conocida como tarima.
<i>Stretch film</i>	Película de plástico que se estira con facilidad para manipulación. Se caracteriza por ser de color transparente y se utiliza en las industrias y hogares para proteger e inmovilizar materiales.
Trasiego	Traslado de materiales líquidos a granel o empacados en diferentes recipientes o contenedores.
<i>Thinner</i>	Producto químico conocido en la industria como adelgazador de pinturas, es un solvente derivado del petróleo que sirve para diluir sustancias que no se pueden diluir en agua, por ejemplo, pinturas fabricadas a base de aceite.
<i>Wipe</i>	Pedazos de hilos de tela enrollados, por lo general son utilizados para limpieza o absorción de líquidos.

RESUMEN

Es de suma importancia para la industria petroquímica incursionar en la mejora continua, así como implementar acciones que demuestren que sus operaciones son sostenibles ambientalmente. Para alcanzarlo, es imperativo realizar acciones de reciclaje e invertir recursos en actividades que fomenten la inclusión laboral interna en temas de reciclaje y medio ambiente. Debe considerarse que la industria petroquímica no cuenta con procedimientos documentados que sirvan de guía para realizar las operaciones de envasado y etiquetado, y que también puedan brindar soporte para gestionar el control de frecuencia de tareas, tiempos de trabajo y flujo de actividades.

Por lo tanto, el siguiente trabajo de graduación se propuso optimizar las operaciones y el funcionamiento de una planta petroquímica a través de un nuevo diseño en la línea de envasado y etiquetado, haciendo uso de reciclaje de desechos sólidos contaminados y subproductos de fábrica.

Se abarcaron estas líneas de investigación: producción más limpia, optimización de procesos industriales, gestión de residuos y subproductos, lo cual tiene como propósito brindar opciones para el reciclaje de desechos sólidos (tarimas y barriles), fabricando estaciones ergonómicas que ayuden al operador a realizar las tareas diarias con mayor comodidad y a mantener un orden y limpieza estándar.

OBJETIVOS

General

Optimizar las operaciones y el funcionamiento de una planta petroquímica a través de un nuevo diseño en la línea de envasado y etiquetado, haciendo uso del reciclaje de desechos sólidos contaminados y subproductos de fábrica.

Específicos

1. Diseñar estaciones de trabajo ergonómicas para mejorar las operaciones de la línea de envasado y etiquetado de la industria petroquímica.
2. Otorgar a la empresa un plan de reciclaje que vele por la innovación, reutilización, cuidado de barriles de acero al carbón y tarimas de pino.
3. Revisar los diagramas de flujo actuales de las operaciones de la planta en general y proponer mejoras en ellos.
4. Realizar un nuevo diseño en la línea de envasado y etiquetado, incluyendo estaciones de trabajo ergonómicas.
5. Realizar una propuesta de diseño de la estación de trabajo del área de envasado y etiquetado, siendo la misma fabricada con un 15 % de barriles de acero al carbón reciclados.

6. Brindar un plan de gestión de desechos sólidos dentro de la industria petroquímica.
7. Realizar planes de capacitación de las temáticas de reciclaje, medio ambiente y desarrollo sostenible para el personal operativo y administrativo.

INTRODUCCIÓN

La industria petroquímica es una empresa que tiene 15 años de laborar en Guatemala, se dedica al mercadeo y distribución de materias primas en las áreas de: petróleo, colorantes, adhesivos, farmacia y sectores agrícolas. Tiene una fuerza laboral de más de 60 personas en Guatemala, las mismas destacan por sus valores compartidos como: excelencia, integridad y trabajo en equipo. La empresa distribuye sus productos en la presentación de barril de 55 galones y su método de servicio de entrega es a canje, es decir presta sus barriles a los clientes.

Con el paso de los años se han acumulado 700 barriles de acero al carbón, estos son considerados como desechos sólidos, ya que poseen fugas y no pueden salir al exterior, por haber almacenado producto químico que podría dañar el medio ambiente, pero esto se puede corregir si se realiza un saneamiento para utilizarlos de nuevo. La empresa también cuenta con 100 tarimas de pino y ciprés que no están en uso, porque las dimensiones difieren con las medidas de los montacargas. Considerando incentivar operaciones amigables con el medio ambiente se tomó la iniciativa de reciclar dentro de la planta petroquímica, tomando en cuenta que el área donde se realizan más operaciones es la línea de envasado y etiquetado, y que además se carece de estaciones de trabajo ergonómicas para los trabajadores. Por lo tanto, es importante realizar un diseño de estaciones de trabajo en el área de envasado y etiquetado, haciendo uso del reciclaje de barriles y tarimas y obteniendo con ello una mejora en las operaciones.

1. ANTECEDENTES GENERALES

El primer capítulo consta de información actual de la empresa donde se realizó el trabajo de graduación. A continuación se detalla: historia, tipos de productos y presentación que se comercializa, así como valores compartidos y logística de entrega en la República de Guatemala.

1.1. Industria petroquímica

Es una empresa que tiene 15 años de laborar en América, se dedica al mercadeo y distribución de materias primas para la industria en general. Se encarga de proveer servicios logísticos para la distribución de químicos en las áreas: petróleo, gas, alimentos, colorantes, cubrimientos, pegamentos, entre otros.

Figura 1. **Equipo de trabajo de la industria petroquímica**



Fuente: Industria petroquímica, salón de operaciones.

1.1.1. Historia

Inició la etapa de planeación de procesos en el año 2000, pero fue hasta principios del 2002 que se instaló para operar en Guatemala.

1.1.2. Información general

Tiene una extensa cobertura en la distribución e infraestructura logística, así como instalaciones en 6 países a lo largo de América. Cuenta con oficinas de servicios de abastecimiento en Guatemala, Costa Rica, Panamá, Ecuador, Honduras y México. En Guatemala se encarga de distribuir materias primas, soluciones y servicios innovadores con calidad.

1.1.3. Ubicación

La industria petroquímica tiene ubicadas sus oficinas administrativas, sobre la Calzada Raúl Aguilar Batres y realiza sus operaciones en 5 bodegas industriales, ubicadas en Villa Nueva, departamento de Guatemala, sobre la carretera principal CA-9 Sur.

1.1.4. Misión

La misión es el objetivo o la razón de ser de una empresa o institución, describe de forma breve el mercado al que atiende, a qué se dedica y los clientes a los cuales satisface. La de esta industria petroquímica está expresada así: “somos una industria que se especializa en el mercadeo y comercialización de materias primas químicas”.

Figura 2. **Ubicación de la industria petroquímica**



Fuente: www.googlemaps.com. Consulta: marzo de 2016.

1.1.5. **Visión**

La visión es la dirección a seguir de una empresa o institución, es el lugar al cual se quiere llegar en un período de tiempo. Este puede ser: largo, mediano o corto plazo, queda a discreción de las empresas determinarlo según sus estrategias. La industria petroquímica tiene como visión: “para el año 2022 ser la industria líder en el mercadeo y distribución de productos químicos”.

1.1.6. **Valores**

Los valores son un conjunto de principios que forman la base medular de una empresa, como claves a seguir, por lo tanto deben estar definidos para homogenizar las acciones. Para esto es necesario que las empresas los promuevan, divulguen y los sostengan en sus actividades. Los valores compartidos de la fuerza laboral de la industria petroquímica son los siguientes:

- Excelencia: realizar con calidad cualquier operación.
- Integridad: realizar con honestidad las actividades, hacer uso del honor, sin menospreciar la verdad.
- Trabajo en equipo: compromiso para alcanzar metas comunes.

1.1.7. Tipo de organización

La industria petroquímica se caracteriza por ser una sociedad anónima, es decir, sociedad mercantil con personalidad jurídica en la cual el capital con el que se labora se encuentra dividido por acciones. La industria petroquímica se dedica a la comercialización y distribución de productos químicos en Guatemala.

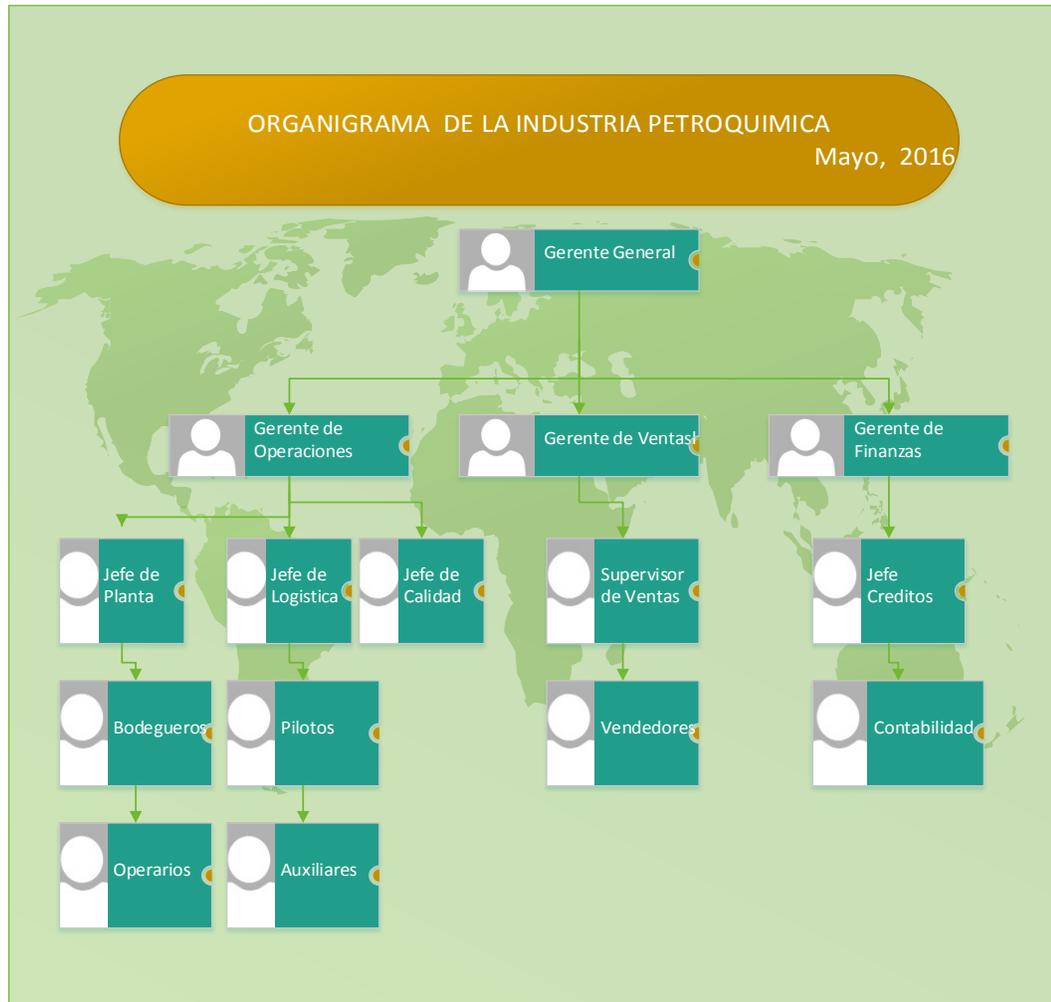
1.1.7.1. Organigrama

En la figura 3 se muestra la jerarquía y estructura de mandos de la industria petroquímica.

1.1.7.2. Marco legal

En la actualidad se encuentra certificada en la Norma ISO 9001:2008, sistema de gestión de la calidad, ISO 14001:2004, sistemas de gestión ambiental, y OHSAS 18001:2007, sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional. Así mismo, se encuentra laborando bajo las normas y directrices del código de trabajo de Guatemala.

Figura 3. **Organigrama de la industria petroquímica**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

1.1.7.3. **Giro de la Industria**

Es una empresa intermediaria que se especializa en el mercadeo, almacenamiento e importación de toda clase de productos químicos, los cuales son distribuidos en toda la República de Guatemala.

1.2. Área de envasado y etiquetado

En la industria petroquímica, a diario se realiza el proceso de envasado y etiquetado de productos químicos en las siguientes cantidades: 500 litros de solventes, 75 barriles y 55 galones. La empresa entrega los barriles a canje, dando a los clientes el barril como préstamo, se colocan dos etiquetas a todos los productos, una con el contenido del lote y la fecha de fabricación y fecha de vencimiento, y la otra con las indicaciones y precauciones de uso.

1.2.1. Definición

Cuando se menciona envasado se hace referencia al trasiego de productos del tanque de almacenamiento a una presentación menor. Esta puede ser un barril de 55 galones, 1 galón y 1 litro. El trasiego se realiza haciendo uso de bomba, acoples, mangueras de trasiego y válvulas de paso.

1.2.2. Línea de envasado y etiquetado

Cualquier producto, dentro o fuera de la planta, debe estar debidamente identificado, con las especificaciones técnicas que indique el fabricante: método de aplicación, precauciones generales, contenido, fecha de producción y fecha de vencimiento. Todos estos requisitos se cumplen a la hora de colocarle etiqueta al producto

La línea de envasado y etiquetado arranca a partir de las 10:00 a. m. se realiza la limpieza respectiva del área, se revisa que la báscula de pesado de barriles se encuentre calibrada, colocando una masa patrón de 5 kg en sus extremos y en el centro, con el propósito de mantener la calidad y confiabilidad, debido a que los productos se venden por el peso. El jefe de bodega emite la

orden de trabajo, en ella especifica al operador qué producto debe envasar. La industria cuenta con 5 tanques con capacidad de 5000 gal cada tanque lleno con diferente producto.

Se inicia el proceso de conexión de mangueras: conectando desde la válvula de pie de tanque hacia el filtro, luego hacia la bomba neumática y por último hacia la envasadora. La estación de rodos se encuentra aterrizada a tierra, esto contribuye a mitigar riesgos de incendios, causados por electricidad estática. Es recomendable hacer esta práctica con los productos químicos, ya que son volátiles y fáciles de incendiar.

1.2.3. Ubicación

El área de envasado y etiquetado se encuentra ubicada en la bodega número 01 dentro de la planta ubicada en Villa Nueva; la bodega se encuentra aislada de tomacorrientes.

1.2.4. Características de la línea de envasado y etiquetado

Para poder entrar al área de envasado y etiquetado se debe usar el siguiente equipo de protección personal:

- Máscara para gases para cubrir boca y nariz.
- Guantes de hule o caucho manga $\frac{3}{4}$ de pulgada.
- Traje completo de PVC.
- Botas de hule con puntas de acero.
- Las mujeres deben recogerse el cabello con cola.

- No se puede entrar navajas, celulares o algún otro objeto ajeno a la planta.
- Está prohibido ingerir algún alimento o bebida dentro de ella.

Los utensilios de trabajo que se manejan dentro de la planta son: mangueras de trasiego, acoples de acero inoxidable, estaciones de rodos de acero inoxidable; estas últimas sirven para movilizar los barriles de acero al carbón. También se cuenta con dos mesas de acero inoxidable, en donde se envasan litros y galones, por último se cuenta con una envasadora de galones, con una capacidad de llenado de 2 galones o 2 litros paralelos.

1.3. Producción

La producción consiste en la transformación de materias primas en un bien o servicio, el cual a su vez debe satisfacer una o varias necesidades de los consumidores. Dentro de la producción se encuentran el envasado, etiquetado, estibado y almacenamiento. El área de producción consta de varios aspectos: el desarrollo de programas de fabricación de productos, mano de obra, coordinación de materiales, equipo y herramientas.

1.3.1. Definición

Para la industria petroquímica, las actividades que se apegan a los conceptos de producción son el envasado y el trasiego de un producto de un contenedor a una presentación menor, que pueden ser: barril, galón y litro.

1.3.2. Actividades dentro de la línea de envasado y etiquetado

Dentro de las actividades que se realizan en la línea de envasado y etiquetado se encuentran las siguientes:

- Limpieza de área de envasado y etiquetado: barrer el área de trabajo, limpiar las mangueras, limpiar los acoples de las mangueras.
- Revisar bomba neumática de polipropileno: se debe revisar que se encuentre limpia y que no exista producto remanente dentro de ella.
- Inspección de acoples de polipropileno: se debe revisar que los acoples no tengan fuga, y que no estén desgastados, quebrados o dañados.
- Calibración de báscula: se coloca una masa patrón de 5 kg en 5 puntos, 4 extremos y en el centro, con el fin de revisar que la báscula se encuentre calibrada.
- Envasado: es el trasiego de producto de tanque a las presentaciones de 1 barril, 1 galón y 1 litro; para realizar esta actividad se hace uso de bomba neumática.
- Etiquetado: se colocan dos etiquetas, una etiqueta contiene: especificaciones del producto envasado, modo de empleo del producto y logo de la empresa. La segunda etiqueta describe: número de lote, fecha de fabricación, fecha de vencimiento y recomendaciones generales.

1.3.3. Producción Intermitente

La industria petroquímica es muy particular en sus ventas, pues su mayor clientela son las grandes empresas, por lo tanto utiliza el sistema de producción intermitente, que se caracteriza por fabricado bajo pedido. En vez de producir para el mercado potencial, la empresa produce para sus clientes. Esto quiere decir que antes de producir la empresa ya tiene asegurada su venta o punto de colocación a través de facturas u órdenes de servicio.

1.3.4. Cuidados para envasado de solventes químicos

A la hora de realizar un envasado de solventes se debe utilizar el siguiente equipo de protección personal para prever lesiones a la salud:

- Máscara para gases para cubrir boca y nariz
- Guantes de hule o caucho con manga de $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Traje completo de PVC
- Botas de hule con puntas de acero

Otros cuidados durante el envasado de solventes: todas las personas que operan deben saber qué genera una reacción exotérmica, y que se elevará aproximadamente 1°C sobre la temperatura el agua utilizada y se generarán vapores ácidos. Los solventes son muy volátiles, esto quiere decir que fácilmente se pueden provocar incendios, por esa razón se debe conectar a tierra física la bomba neumática, barriles, estaciones de rodos, con el propósito de evitar la propagación de chispas.

- En todo el proceso se debe seguir las instrucciones del manual de operaciones.

- Los operarios no deben realizar tareas simultáneas.
- Los operarios trabajan en parejas con el propósito de que ambos cuiden de su pareja.

1.3.5. Capacidad de producción

Cuando se menciona la capacidad de producción se hace referencia al volumen máximo que una industria puede producir, con una calidad estándar. Dicho de otro modo, es una cantidad de materiales o servicios transformados en un intervalo de tiempo.

1.3.6. Envasado en presentación galón

Se distribuyen 4 galones por caja, actualmente se tiene una envasadora para llenar 2 galones simultáneamente, a los galones se les coloca dos etiquetas: una con el número de lote y otra con las especificaciones, logo de la empresa y precauciones de uso. Dentro de la planta el envasado de galones se hace 3 veces por semana.

1.3.7. Envasado en presentación de litro

El envasado de litro consta de 6 litros por caja, los litros se envasan manualmente, la demanda de este es menor, por lo que las órdenes de producción son menores. Se envasa en la presentación de litro 1 ó 2 veces al mes, dependiendo de la estación del año.

1.3.8. Envasado en presentación de barril

El producto líder de la industria petroquímica son solventes en presentación de barril, cabe decir que los productos se venden por peso, aproximadamente el peso de un barril lleno de producto incluyendo la tara es 162 kg, pero varía según el producto que se venda. El envasado de barril es diario, se envasan un promedio de 75 barriles, se despacha a canje, es decir se vende el producto pero no el envase; cuando los clientes terminan de consumir el producto, el encargado de inventarios de empaques, con ayuda del departamento de logística, recupera los barriles.

1.4. Ergonomía

Se encarga de acomodar una zona de trabajo al cuerpo humano; busca un mayor rendimiento sin afectar la salud.

1.4.1. Definición

La ergonomía se inclina al estudio de las condiciones bajo las cuales debe laborar un trabajador, también busca comprender las interacciones del operador, de manera que ese sienta cómodo, obteniendo como consecuencia un mejor desempeño.

1.4.2. Importancia de la ergonomía

La ergonomía es importante para cualquier tipo de empresa, es necesario realizar manuales, establecer normas internas dentro de la planta, así como implementar recomendaciones de trabajo. Todo esto con el fin de realizar las operaciones de forma idónea y segura. La ergonomía permite obtener un

entorno saludable, utilizar la prevención de riesgos y contribuye a minimizar errores.

1.4.3. Aplicación de la ergonomía en las áreas de trabajo

La ergonomía en las áreas de trabajo consiste en la adaptación del entorno laboral para obtener el bienestar del trabajador. Contribuye positivamente en su salud y facilita la correcta realización de tareas y funciones.

Los principios de la ergonomía ayudan a diseñar un ambiente productivo que, a la vez, preserva la salud del trabajador.

1.4.4. Relación de la ergonomía y la eficiencia en las operaciones

Entre más cómodo y seguro se encuentre el colaborador en su área de trabajo, realizará de forma proporcional sus operaciones. La ergonomía busca que el colaborador tenga calidad de vida en su ambiente de trabajo, por lo general lo realiza empleando herramientas y métodos de prevención de riesgos para la salud. Por lo tanto, para lograr incrementar la eficiencia en operaciones, es imprescindible considerar los aspectos humanos a la hora de montaje, modificación o diseño en operaciones.

1.4.5. Ergonomía en las estaciones de trabajo

Para que una persona realice las labores de forma ordenada, rápida y práctica, es necesario que las estaciones de trabajo sean acordes al diagrama de flujo y recorrido de cada línea de trabajo. La posición del cuerpo humano es requisito indispensable para lograr una ergonomía óptima, las estaciones de

trabajo deben estar fabricadas de tal manera que el colaborador realice el menor esfuerzo, los utensilios deben estar ubicados en forma estratégica, el cuerpo humano dentro de la estación de trabajo debe ubicarse a una altura y medida específicas, según la función a desempeñar.

1.4.6. Innovación de la ergonomía en áreas de trabajo

En la actualidad es una fuente de desarrollo, pues las operaciones están anuentes a cambios. Es decir, según cómo crece la demanda y oferta, las operaciones cambian, por lo que la ingeniería debe estar en constante cambio, innovando, simplificando y estandarizando procesos, de tal forma que sean amigables con el trabajador, esto se obtiene mezclando la ciencia con la tecnología, demanda y producción, como también por medio de la gestión social ambiental.

1.4.7. Ergonomía ocupacional

La ergonomía ocupacional tiene como fin mantener íntegra la salud del trabajador. Las empresas pueden recurrir a realizar estudios ergonómicos dentro de los puestos de trabajo. Se debe considerar que existen diferentes tipos de riesgo, por ejemplo: lesiones a corto, medio y largo plazo. Al analizar paso a paso las operaciones se determinan los puntos críticos, excesos de esfuerzos físicos, nudos en operaciones, duplicidad de procesos. Estos se pueden corregir si se aplica una medida correctiva ideal.

1.4.7.1. Definición

La ergonomía ocupacional puede definirse como aplicación y búsqueda de adaptar los trabajos, herramientas, equipos y operaciones al cuerpo humano

para que sea más cómodo, fácil y práctico realizar una tarea, evitando ocasionar enfermedades y dolencias con el paso del tiempo.

1.4.7.2. Beneficios de su aplicación

En todas las aplicaciones de la ergonomía, el objetivo es común y se trata de adaptar los productos, tareas, herramientas y espacios en general, a las necesidades físicas de las personas, de manera que se mejore la eficiencia en operaciones, seguridad y bienestar de los colaboradores.

1.4.8. Factores de riesgo ergonómico

Todos los seres humanos cuentan con habilidades y destrezas diferentes, existen personas que tienen alto rendimiento en trabajo pesado, como otras son especialistas en manejo de conflictos, administración u operación. Partiendo de este supuesto, se puede decir que no todas las personas trabajan igual en las mismas circunstancias; existen personas que no son compatibles con alta temperatura o presión, como otras sí lo son. Es por eso que no se debe generalizar al decir que todas las personas trabajan al mismo ritmo, porque dependerá de sus genes, edad, competencias, estado de ánimo, clima, salud, entre otros factores.

1.4.8.1. Manipulación de cargas pesadas

Dentro de la industria petroquímica existe el riesgo de lesión de columna por un mal manejo de cargas pesadas, pero en la actualidad la industria ha subcontratado especialistas para brindar entrenamiento a los operarios en temas como manipulación de cargas, desde litros de peso de 1.1 kg hasta barriles de 162 kg, según la variación de tara. El peso estándar de las tarimas

utilizadas en la industria petroquímica, con medidas de 48" largo x 40" ancho, es de (17 +/- 2 kg), y tienen capacidad de carga 1100 kg según especificaciones del proveedor fabricante.

1.4.8.2. Sobrecarga física

En el manejo de materiales (cajas, barriles, sacos, etc.) se puede producir exceso de esfuerzo y sobrecarga física, los mismos pueden convertirse en lesiones lumbares, por otro lado, la adopción de posturas incorrectas durante la manipulación de los materiales puede perjudicar la salud. La sobrecarga física aparece con frecuencia en varios sectores de la industria, incluso en el hogar se origina gran variedad de lesiones derivadas de la misma. Por lo general pueden lesionarse colaboradores que manipulan cargas constantemente, o los trabajadores que lo realizan de forma ocasional.

1.4.8.3. Sobrecarga mental

La sobrecarga mental es el esfuerzo intelectual que debe realizar una persona para hacer frente al conjunto de requerimientos y solicitudes que recibe el sistema nervioso durante las actividades de estudio y trabajo. Por lo general, se origina debido a las actividades que se llevan a cabo, entre ellas puede mencionarse: codificación, clasificación de información, envío de señales y retroalimentación. La carga mental puede ser distinta, y tener mayor o menor escala según las siguientes variables:

- Percepción de la información y entorno
- Interpretación de la información
- Toma de decisiones
- Experiencia

- Madurez emocional
- Habilidad para manejo de conflictos

1.4.8.4. Posturas inadecuadas

Cuando se menciona una postura inadecuada, se hace referencia a una postura corporal que con el transcurso del tiempo originará daños a la salud, pues la misma demanda de esfuerzo excesivo, y ocasiona un desequilibrio en la salud creando daños lumbares, lesiones temporales o crónicas.

1.4.8.5. Movimientos repetitivos

Se define como movimientos repetitivos el conjunto de actividades similares realizadas con frecuencia durante una tarea en un intervalo de tiempo, estos implican movimientos de extremidades, músculos, huesos, articulaciones y diferentes órganos del cuerpo humano que, al movilizarlos, provocan cansancio físico, fatiga muscular, sobrecarga, dolores y lesiones de distinta índole. Las principales medidas de prevención para disminuir lesiones derivadas de movimientos repetitivos pueden ser:

- Tener en cuenta un diseño ergonómico de los puestos de trabajo.
- Evitar las posturas incómodas para el cuerpo, procurar mantener en lo posible las manos alineadas con el antebrazo, la espalda y cuello recto, y mantener los hombros en posición de reposo.

1.4.8.6. Torsiones y rotaciones del cuerpo humano

El cuerpo tiende a acostumbrarse a situaciones cotidianas, esta peculiaridad no es del todo buena, pues al realizar malas prácticas o hacer

cambios abruptos podrían provocarse torsiones del cuerpo humano, desgarres de músculos y lesiones de diferente magnitud, es por eso que se debe hacer uso de la ergonomía, para disminuir los riesgos en rutinas de trabajo largas.

1.4.8.7. Resbalones y traspies

Los resbalones, traspies, tropiezos y caídas son las principales causas de incidentes en varios sectores industriales, incluso en el hogar los resbalones y traspies pueden suceder. Para la prevención de incidentes ocasionados por resbalones y traspies, se puede realizar lo siguiente:

- Identificar zonas peligrosas y de uso frecuente.
- Mantener el suelo libre de obstáculos y superficies deslizantes y húmedas.
- Colocar antideslizante en suelos y gradas.
- Revisar que el suelo no esté dañado, quebrado, con clavos o tornillos expuestos.

1.4.8.8. Empujes y arrastres

Los factores de riesgo asociados al empuje y arrastre de cargas se presentan en todo momento, para evitar lesiones se debe aplicar fuerzas continuas pero suaves, evitando esfuerzos de larga duración, no realizar fuerzas o cargas sostenidas mayores a 55 lb, según el Acuerdo Gubernativo 229 - 2014, ya que aumentan el riesgo de fatiga muscular y de todo el cuerpo.¹

¹ Ministerio de Trabajo Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 229-2014.* /<http://www.mintrabajo.gob/>. Consulta: diciembre de 2016.

Para movilizar cargas se puede usar montacargas, carretas, porta *pallets*. Estas herramientas deben tener ruedas en buen estado y ser resistentes a desplazamientos largos y continuos

1.5. Reciclaje

El reciclaje transforma materiales usados, que de otro modo serían simplemente desechos, en recursos y materiales. La recopilación de tarimas, barriles, hojas de papel, plásticos, latas, son formas de emplear el reciclaje.

1.5.1. Definición

El reciclaje es la recopilación de materiales reutilizables que podrían ser considerados como simples desechos. Los materiales reciclados deben ser clasificados y procesados para convertirse en materiales que brinden nuevos usos. Reciclar es una actividad necesaria y amigable para la sustentabilidad del planeta Tierra, debido a que otorga más tiempo de vida y recuperación para la flora y fauna.

1.5.2. Características del reciclaje de barriles de acero al carbón

Los barriles de acero al carbón tienden a oxidarse en las orillas de las tapaderas, pero el cilindro permanece intacto y difícilmente se oxida, por lo tanto, esto indica que es un material que puede limpiarse, tratarse y ser útil en otras actividades.

1.5.3. Tipos de reciclaje

El reciclaje de materiales y desechos comienza desde el consumidor, debido a que si el usuario clasifica y separa desde un inicio el desecho es más fácil reutilizar. Existen colores específicos para los contenedores que clasifican los desechos, por ejemplo²:

- Contenedor amarillo: envases plásticos, botellas plásticas, bandejas, bolsas, entre otros.
- Contenedor azul: residuos de papel o cartón, revistas, cajas, periódicos y sobres.
- Contenedor verde: elementos de vidrio, botellas, platos.
- Contenedor rojo: desechos peligrosos, bioinfecciosos.
- Contenedor naranja: desechos orgánicos, cáscaras de banano, residuos de café, azúcar, entre otros.

1.5.3.1. Reducir el uso de tarimas

El ingenio y la imaginación llevan a crear objetos sorprendentes, siempre se ayuda al medio ambiente cuando se recicla. En la actualidad existe una gran cantidad de productos tecnológicos que se vuelven obsoletos con el paso del tiempo, por ejemplo, las computadoras, refrigeradoras, celulares, televisores, que cada vez tienen menos vida útil, provocando que las personas vuelvan a comprar, originando basura, reduciendo espacio y atentando contra el medio ambiente. En el caso de la madera es muy diferente, pues si se le brinda un buen uso y mantenimiento llega a ser duradera y de gran utilidad.

² *Reciclaje*. <http://www.inforeciclaje.com>. Consulta: diciembre de 2016.

1.5.3.2. Reutilizar barriles de acero al carbón

Se puede reciclar los barriles de acero al carbón de diferente forma, desde la creación de muebles, formación de casilleros, fabricación de estaciones de trabajo, estaciones de rodos, mesas, churrasquerías, techos, muros y otras formas. Es responsabilidad del ser humano brindar oportunidad de mejorar la calidad de vida del medio ambiente y reutilizar los recursos para evitar la saturación de artículos en el planeta.

1.5.3.3. Reciclar por medio de la innovación los desechos sólidos

Se dice que de una crisis surgen brillantes ideas, es bastante certera la afirmación, pues casi nunca se sabe qué se puede lograr si no se intenta. Guatemala y el mundo entero están en crisis, se necesita innovar y mejorar procesos y que además estos sean amigables al ambiente.

1.5.4. Manejo de desechos sólidos en barriles de acero al carbón

La alta generación de residuos sólidos, conocidos como basura, y su manejo inadecuado son uno de los mayores problemas ambientales y de salud, estos han incrementado con el pasar de los años, debido al incremento proporcional de la población, producción y consumo de materiales.

La basura no solo genera una desagradable imagen en los campos, calles, mares, ríos y ciudades, sino que contamina el suelo, agua y aire. Además ocupa espacio, por lo que se ha convertido en un problema social.

El manejo de desechos sólidos consiste en la inspección, selección y clasificación de desechos, para luego brindarles el saneamiento y cuidados necesarios para que puedan convertirse en algo útil nuevamente.

1.5.5. Saneamiento de desechos sólidos contaminados

La primera acción es ejercer el derecho a decidir qué comprar, para consumir productos que sean amigables con el ambiente.

La segunda es adquirir el hábito del reciclaje de los desechos, en la rutina diaria es necesario fomentar la separación de los residuos sólidos desde el lugar donde se generan y proporcionar la infraestructura mínima para llevar a cabo esta actividad.

1.5.6. Reciclaje de desechos contaminados

Es reciclar un desecho considerado peligroso, por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos a la salud y al medio ambiente. Las propiedades peligrosas pueden ser toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, explosividad, reactividad, radioactividad o algo de cualquier otra naturaleza que provoque daño a la salud y al medio ambiente.

1.5.7. Nuevos usos de desechos sólidos

Los límites para los nuevos usos de desechos sólidos son barreras que el ser humano puede vencer, es decir cualquier tipo de material o desecho sólido se puede reciclar, solo es cuestión de creatividad. Se puede usar desechos para fabricar estaciones de trabajo, muebles, techos, escaleras, incluso casas.

1.5.8. Relación del reciclaje y sostenibilidad de Guatemala

Para ser sostenible, se debe realizar operaciones equilibradas con la naturaleza y así evitar perjudicar al medio ambiente. Es responsabilidad de cada ser humano el buen aprovechamiento de los recursos. La sostenibilidad hace referencia a no comprometer recursos naturales de generaciones futuras, esto quiere decir que, si todas las personas reciclaran, sus hijos y generaciones futuras podrían tener un ambiente saludable, pero si no se recicla, el planeta seguirá contaminándose y llenándose de artículos nocivos al ambiente, lo que con el tiempo perjudicará la biodiversidad del planeta Tierra.

1.5.9. Relación del reciclaje y la química

Algunos materiales que se tiran a la basura pueden volver a ser utilizados separándolos adecuadamente, reciclándolos se podría tener una serie de ventajas, por ejemplo: ahorro de materias primas y recursos naturales y reducción de la contaminación. Una forma de reciclaje es desinfectar con productos químicos, como por ejemplo: jabón y cloro.

1.6. Contaminación cruzada

La contaminación cruzada es la transferencia de bacterias, peligros y agentes contaminantes de un lugar sucio a uno limpio. Las bacterias generalmente se encuentran en los artículos de uso diario. La contaminación cruzada se puede evitar al limpiar las áreas de trabajo y separar los objetos limpios de los sucios.

1.6.1. Definición

Se define como contaminación cruzada a la contaminación accidental de algún artículo, esto se produce por tener utensilios, equipos o herramientas sucias mezcladas con productos de diferente familia. Dentro de la industria petroquímica se guarda un rígido control de limpieza, se purga las mangueras, la bomba neumática, los acoples, entre otros, todo esto con el propósito de evitar remanentes de productos químicos dentro de las operaciones.

1.6.2. Contaminación cruzada en las industrias químicas

Dentro de las industrias químicas, la contaminación cruzada es una amenaza grande, debido a las reacciones químicas que pueden surgir. Por esa razón la limpieza debe ser estricta, se puede inspeccionar el olor y el color de los barriles antes de envasar un producto. Se pueden tomar muestras de producto almacenado en tanques y cisternas, con el fin de revisar que no existan partículas peligrosas o extrañas y mantener un control de calidad riguroso.

1.7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es una institución perteneciente al sector público, se dedica a la gestión y administración de recursos naturales. Tiene como obligación proteger, promover y guardar los sistemas naturales, también pretende alcanzar una Guatemala próspera, incluyente, justa y participativa en actividades sustentables.

1.7.1. Ubicación

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales se encuentra ubicado en la 7 avenida 03-67, zona 13, Ciudad de Guatemala. El teléfono es: (502) 2423-0500, cuenta con horario de atención de lunes a viernes 08:00 - 16:30 horas.

1.7.2. Visión

La visión es la dirección a seguir de una empresa o institución, es el lugar al cual se quiere llegar en un período de tiempo. Este puede ser: largo, mediano o corto plazo, queda a discreción de las empresas determinarlo según sus estrategias. El MARN tiene como visión: “ser la institución que ejerza la rectoría ambiental y de los recursos naturales, buscando el equilibrio del patrimonio natural con pertinencia cultural y de género.”³

1.7.3. Misión

La misión es el objetivo o la razón de ser de una empresa o institución, describe de forma breve el mercado al que atiende, a qué se dedica y clientes a los cuales satisface. El MARN expresa su misión así: “somos la institución que regula la gestión ambiental y promueve el desarrollo sostenible en Guatemala, de forma participativa.”⁴

³ MARN. *Visión de la industria petroquímica*. <http://www.marn.gob.gt/>. Consulta: mayo de 2016.

⁴ *Ibíd.*

1.7.4. Historia

La historia es un resumen de vida de una empresa o institución, es un relato del origen de los acontecimientos. A continuación se detalla el origen del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales:

Los esfuerzos orientados para la protección de los recursos naturales se remontan a la década de los 80, cuando por Acuerdo Ejecutivo No. 236 del 09 de marzo de 1981, publicado en el Diario Oficial (DO) No.62, Tomo No. 270 del 31 de marzo de 1981, se crea el Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre, como una Unidad Especializada de la Dirección General de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

1.8. Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente

El Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA) establece la relación entre los gobiernos locales y el gobierno central. Es fundamental para establecer procesos de gobernabilidad articulada y sostenible. Por su lado, los gobiernos locales son los que planifican, gestionan y regulan sus territorios, y por otro el gobierno central posee el aparato político-económico con el cual se puede facilitar la transferencia de recursos, para que los gobiernos locales puedan fortalecer su autonomía y capacidad de gestión, estimular procesos de participación y contraloría ciudadana y, a la vez, compartir responsabilidades y decisiones entorno al desarrollo sostenible del país.⁵

⁵ MARN. *Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente*. <http://www.marn.gob.sv/>. Consulta: octubre de 2016.

1.9. Decreto 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente

El Decreto 68-86 está compuesto por un conjunto de artículos que hacen mención a la relación de las leyes aplicables a entidades, públicas y privadas, como requisitos ambientales aplicables en Guatemala. El cumplimiento de este decreto contribuye a regular las actividades encaminándolas a la sostenibilidad, debido a que pretende proteger el ambiente y persigue realizar inclusión social en actividades y responsabilidades ambientales.

1.10. Pacto Ambiental 2016-2020

Partiendo de que en Guatemala se está perdiendo el patrimonio natural y, con este, sus posibilidades de desarrollo y bienes, el Pacto Ambiental 2016-2020 busca orientar y fortalecer la acción conjunta de diversos sectores para procurar la sostenibilidad ambiental de Guatemala.

1.11. Sistema de gestión ambiental ISO 14004:2015

Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que una organización puede usar para mejorar su desempeño ambiental. La norma ayuda a una organización a lograr los resultados previstos de un sistema de gestión ambiental, con lo que aporta valor al ambiente, a la propia organización y a sus partes interesadas. En coherencia con la política ambiental de la organización, los resultados previstos de un sistema ambiental incluyen⁶:

- La mejora del desempeño ambiental

⁶ Instituto Tecnológico Costa Rica, INTECO. *INTE/ISO 14001:2015*. Consulta: agosto de 2017.

- El cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos
- El logro de los objetivos ambientales

1.12. Sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2015

Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, cuando una organización:

- Necesita demostrar su capacidad para: proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente, requisitos legales y reglamentarios aplicables.
- Aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos procesos de mejora y aseguramiento de la conformidad a requisitos.

Los requisitos de la norma ISO son genéricos y se pretende que sean aplicables para todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño, producto o servicios que suministre⁷.

⁷ Instituto Tecnológico Costa Rica, INTECO. *INTE/ISO 14001:2015*. Consulta: agosto de 2017.

2. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se detalla la situación de operación actual de la industria petroquímica, características de la línea de envasado y etiqueta, fortalezas y debilidades del área, diagramas de flujo y recorrido.

2.1. Generalidades de la planta

La planta en la actualidad trabaja en forma simultánea sus operaciones, cuenta con 2 áreas, una para envasado de barriles y otra para envasado de galones y litros. Inicia sus labores a las 7:00 a. m. y las finaliza a las 5:00 p. m. La producción es intermitente, es decir trabaja bajo pedido, además cuenta con tiempos de entregas de rutas de 1 día, dentro del área metropolitana, y de 2 días para los departamentos de la República de Guatemala.

2.2. Distribución en el área de envasado y etiquetado

La distribución del área de envasado y etiquetado consta de 2 partes: una para envasado en presentación barril, que se realiza con una bomba neumática, la cual succiona el producto de los tanques de almacenamiento y empuja hacia la llenadora, también el envasado de barriles tiene una estación de rodos para mover con mayor facilidad los barriles. La línea de envasado cuenta con una mesa en la cual se colocan materiales para etiquetado, una tapadera y dos sellos de seguridad.

El envasado de galones se realiza en una envasadora, la cual llena 2 galones en simultáneo, los mismos se colocan sobre una mesa de acero

inoxidable, en ella se enrosca la tapadera y se colocan las etiquetas, junto a la mesa se sitúa una tarima en la cual se estiba el producto al finalizar las tareas.

2.2.1. Características de la línea de envasado y etiquetado

Toda el área de envasado se encuentra protegida con aspersores contra incendios, cuenta con extintores ABC de material absorbente, para colocar diques de contención contra derrames. Los utensilios metálicos se encuentran debidamente aterrizados a tierra física, en la entrada principal de la bodega está ubicada la alarma contra incendios, la bodega de envasado cuenta con duchas de emergencia, en el área donde desembocan las válvulas de los tanques se encuentran diques que ayudan a bloquear el paso de producto por si este se llegara a derramar. La línea de envasado, así como todas las bodegas, tiene señalizadas las rutas de salida de emergencia.

Tiene señalizada sus áreas, tramos de productos compatibles, las mangueras que se usan para el trasiego de producto químico tienen un color específico y el cuadro de especificación de colores está colgado frente el área de trabajo de los operarios. Todos los tanques se encuentran rotulados, dentro de la bodega de envasado y etiquetado están las normas de seguridad, y en la línea de envasado, así como en toda la planta, los operadores trabajan en parejas.

2.2.2. Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas)

En resumen según el análisis FODA de la tabla I, la industria petroquímica puede mejorar principalmente en:

- Orden y limpieza
- Controles de tiempos operacionales
- Ergonomía

Tabla I. **FODA de la Industria Petroquímica**

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en el sector industrial. • Ser líderes en el sector de mercadeo y entrega de productos químicos. • Capacidad instalada. • Talento humano capacitado. • Procesos estandarizados. • Controles internos. • Certificaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar en gestión ambiental. • Producción más limpia. • Reducir costos. • Mejorar en aspectos ergonómicos. • Planes de trabajo de reciclaje. • Calidad de trabajo.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Limitación de recursos para invertir en proyectos de reciclaje. • Escasez de planes de trabajo para reciclaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser obsoleto por no innovar en procesos. • Pérdida de biodiversidad

Fuente: elaboración propia.

2.3. Operaciones de la planta en la línea de envasado y etiquetado

Dentro de las operaciones de la línea de envasado está la conexión de mangueras, inventario de tanques, limpieza de área, envasado, enroscado, etiquetado y estibado. El objetivo fundamental del estudio de métodos es aplicar formas más sencillas y eficientes, incrementando la productividad.

2.3.1. Ingeniería de métodos

La ingeniería de métodos se relaciona con la reducción y disminución de tareas y actividades de trabajo, en operaciones industriales y administrativas. La medición del trabajo se relaciona directamente con la investigación de tiempos improproductivos, atrasos asociados a pérdidas y mermas económicas.

2.3.2. Definición

La definición del estudio de métodos o ingeniería de métodos es el desarrollo de actividades, pasos secuenciales, técnicas del estudio del trabajo para mejora de procesos, puesto que este se basa en análisis de registros, revisiones críticas de secuencias, metodologías existentes, tiempos y proyectos de mejora en operaciones.

2.3.3. Estudio de tiempos de envasado y etiquetado

Para estudio de tiempos de las operaciones en las líneas de envasado y etiquetado, de las 3 presentaciones: barril, 1 galón y 1 litro, se midieron 10 veces las actividades y tiempos, y se utilizó un cronómetro previo a la determinación del tiempo estándar.

Tabla II. **Procedimiento: envasado de solventes y etiquetado en barril**

Actividad	Tiempo	Objetivo
0. Se coloca el equipo de protección personal: casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	Que el operador tenga protección personal, prever riesgos a la salud y que dentro de la planta el colaborador sea visible.
1. Llenar orden de trabajo	2 min	Determinar la cantidad de producto que se va a envasar.
2. Se conecta la línea de envasado: Iniciando desde la válvula del tanque hacia el filtro, este se conecta a la bomba neumática, luego se conecta a la envasadora.	10 min	Las mangueras se conectan según la tabla de identificación de familias. La bomba neumática está conectada a tierra física. Cuando se cambia de familia de productos: se debe lavar la bomba neumática, envasadora, por último se debe registrar la cantidad de producto que quede como remanente.
3. Se revisa que la báscula esté calibrada.	0,84 min	Revisar con una masa patrón de 23 Kg que la báscula esté calibrada en sus 5 puntos.
4. Se ingresa los barriles a la bodega 3 (se realiza 6 filas dobles por 8 de profundidad).	0,9 min	Cada operario ingresa 2 barriles de manera simultánea, luego los coloca en 2 tramos con un tiempo de 0.9 min.
5. Se inspecciona los barriles por dentro y fuera.	0.5 min	Evitar que el barril tenga olores e impurezas. (Se inspecciona con linterna a prueba de explosión) si el barril es para envasar alcoholes, alifáticos y además este presente un olor se debe enjuagar con el producto a envasar.
6. Se sube el barril al transportador, se coloca etiqueta.	0,8 min	
7. Se ingresa el barril a llenadora, se coloca tierra física, se coloca la tara del barril.	0,16 min	Colocar tara en la etiqueta, verificar que el indicador de tierra física esté funcionando correctamente.
8. Se abre válvula de envasadora luego se procede a abrir válvula de aire	0,2 min	Siempre se realiza en ese orden.
9. Inicia el tiempo de envasado de solvente en barril.	1,25 min	Se revisa la tara del envase junto con el peso del producto y la altura del líquido en el primer barril.
10. Se cierra válvula de aire, luego se procede a cerrar válvula de envasadora.	0,2 min	Para cerrar es en el orden contrario primero se cierra la válvula del aire, luego se procede a cerrar la válvula de la envasadora.
11. Sale barril lleno y se colocan tapones con rosca.	0,5 min	Se asegura que esté bien apretados un tapón es de 2" y el otro de ¾".
12. Se colocan sellos de seguridad	0,5 min	Se corrobora que el sello esté bien colocado
13. Se entarima barriles.	0,9 min	En el pallet se pueden colocar hasta 4 barriles, el barril debe quedar colocado con las etiquetas al frente.
14. Se traslada la tarima de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.	2 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla III. **Tiempo y procedimiento de envasado y etiquetado (galón)**

Actividad	Tiempo	Objetivo
0. Se coloca el equipo de protección personal casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	Que el operador tenga protección personal, prever riesgos a la salud y que dentro de la planta el colaborador sea visible.
1. Se recibe la orden de trabajo.	2 min	Determinar la cantidad de producto que se envasará.
2. Se toma las medidas iniciales del tanque.	1 min	
3. Se traslada el material de empaque de bodega de almacenaje a área de envasado.	25 min	
4. Se conecta la válvula de pie de tanque TZ1 hacia tanque auxiliar, luego se dirige hacia bomba centrífuga, por último esta se dirige hacia envasadora de galones la cual dosifica 4 galones al mismo tiempo.	2 min	El número de tanque está sujeto a la orden de trabajo, debido a que cada tanque contiene producto diferente.
5. Se colocan los envases vacíos para llenar en la envasadora 4 galones al mismo tiempo.	1 min	Se coloca el envase con la boquilla hacia arriba para inicio de proceso de llenado
6. Se acciona envasadora.	0,01 min	Inicia el envasado de galón.
7. El tiempo de envasado de cada galón dura 25 segundos.	0,42 min	El envasado es automatizado se llenan 4 galones paralelos
8. Se cierra envasadora.	0,05 min	
9. Se coloca la tapadera con rosca.	0,05 min	
10. Se etiquetar al envase.	0,06 min	A cada envase se le colocan 2 etiquetas 2 segundos por etiqueta.
11. Se señala la caja con marcador permanente color negro.	0,03 min	
12. Se etiqueta la caja y se arma.	0,06 min	En el empaque colectivo se almacena 4 galones.
13. Se empacan los galones en caja de cartón.	0,12 min	Dentro de una caja se colocan 4 galones.
14. Se estiba la caja en la tarima.	0,08 min	
15. Se coloca <i>stretch</i> film a la tarima.	0,3 min	El producto está listo para ser entregado.
16. Se reporta medidas finales del tanque en la orden de trabajo.	3 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla IV. **Procedimiento: envasado y etiquetado en presentación de litro**

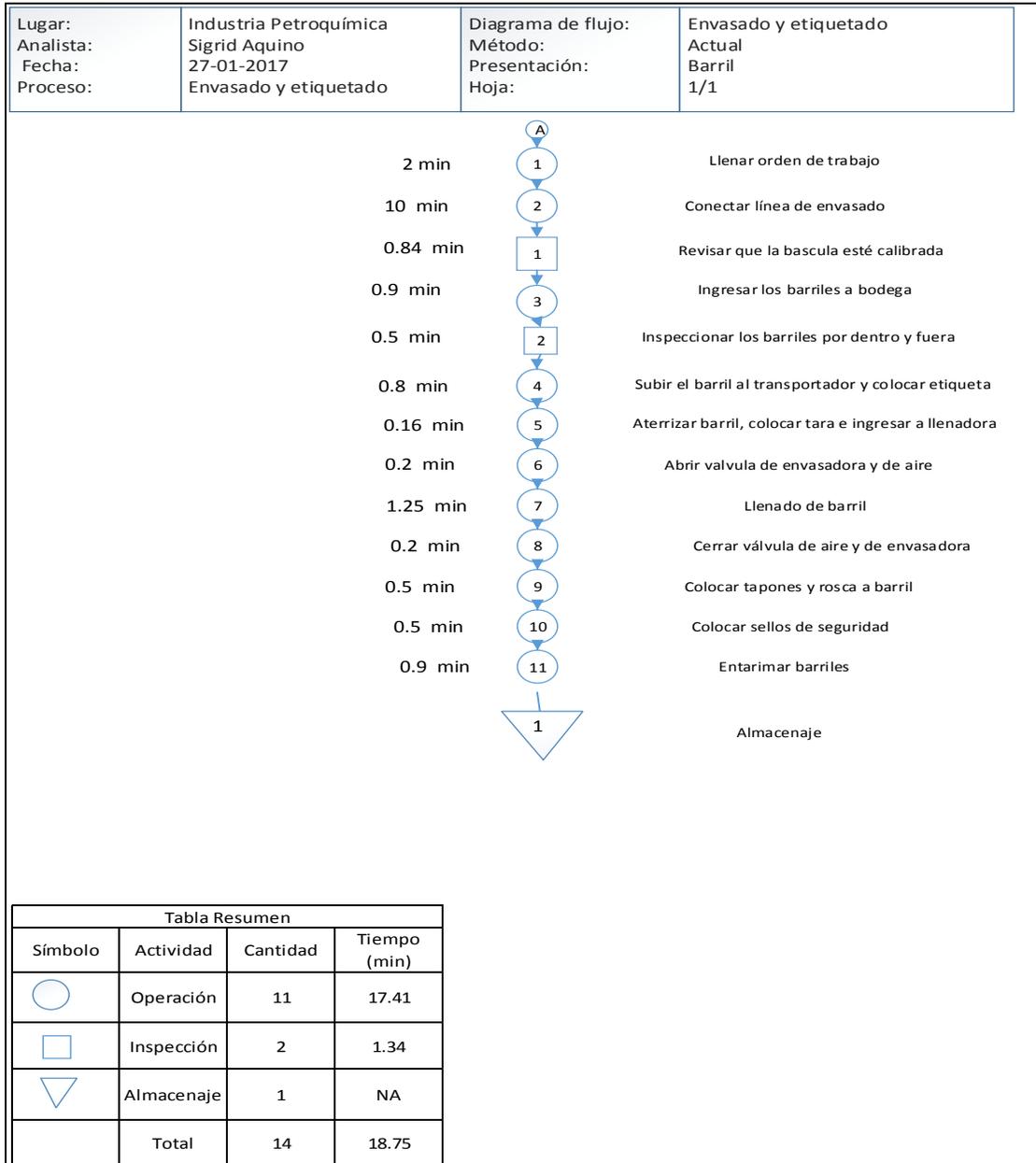
Actividad	Duración	Objetivo
0. Colocarse el equipo de protección personal casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	Que el operador tenga protección personal, prever riesgos a la salud y que dentro de la planta el colaborador sea visible.
1. Se llenar la orden de trabajo.	2 min	Determinar la cantidad de producto que se va a envasar.
2. Se conecta válvula de pie de tanque TZ1 hacia manguera con llave de paso.	3 min	
3. Se traslada el material de empaque de bodega de almacenaje hacia área de envasado.	25 min	El material de empaque está conformado por tapaderas con rosca, etiquetas, envase primario, <i>stretch</i> , cajas para empaque secundario.
4. Se coloca envases vacíos para llenar.	1 min	Se coloca el envase con la boquilla hacia arriba para iniciar el proceso de llenado.
5. Se abre la llave de pie de tanque.	0,12 min	
6. Se abre la llave de paso de manguera.	0,05 min	
7. Inicia el tiempo de envasado de litro.	0,15 min	El envasado de litro se realizó manualmente es decir sin envasadora únicamente por carga a través de gravedad dura 9 segundos
8. Se coloca la tapadera con rosca.	0,05 min	
9. Se colocan las etiquetas.	0,06 min	A cada envase se le colocan 2 etiquetas
10. Se señala la caja.	0,03 min	
11. Se etiqueta la caja y se arma.	0,06 min	En empaque colectivo se almacena 6 litros
12. Se empacan los litros en caja de cartón.	0,2 min	
13. Se estiba	0,08 min	
14. Se coloca <i>stretch film</i> al producto en el <i>pallet</i> .	0,3 min	
15 Se reporta las mediciones finales de tanque.	3 min	
16. Se traslada de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.	5 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

2.4. Diagramas de flujo en la línea de envasado y etiquetado

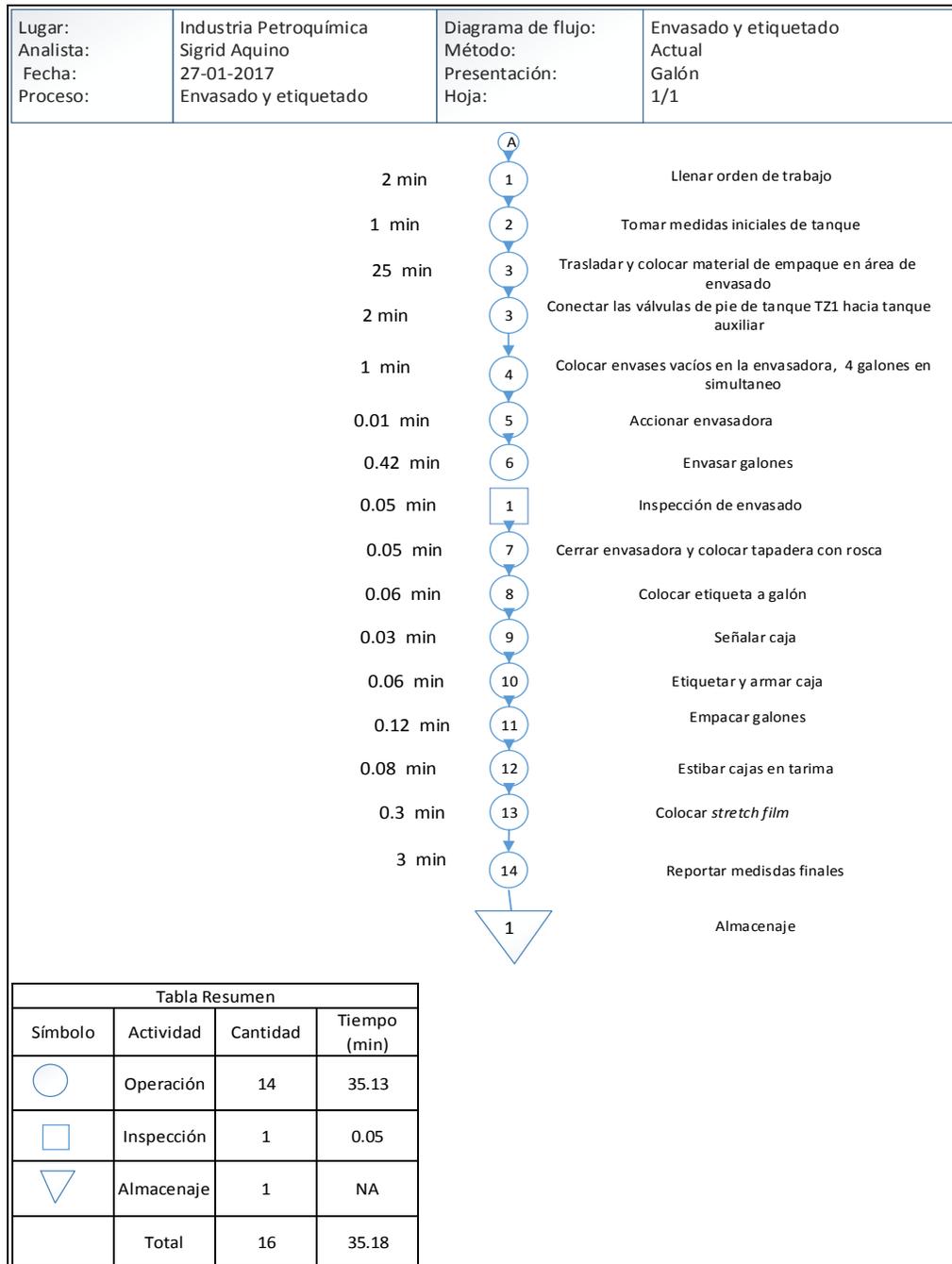
A continuación se muestra la secuencia de pasos y operaciones con el respectivo tiempo estándar, de las tres presentaciones: barril, galón y litro. Para realizar estos diagramas fueron analizadas y medidas las actividades en las instalaciones de la industria petroquímica, para luego ser documentadas en los diagramas realizados en Microsoft Visio 2010.

Figura 4. Diagrama de flujo de envasado y etiquetado (barril)



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

Figura 5. Diagrama de flujo de envasado y etiquetado (galón)

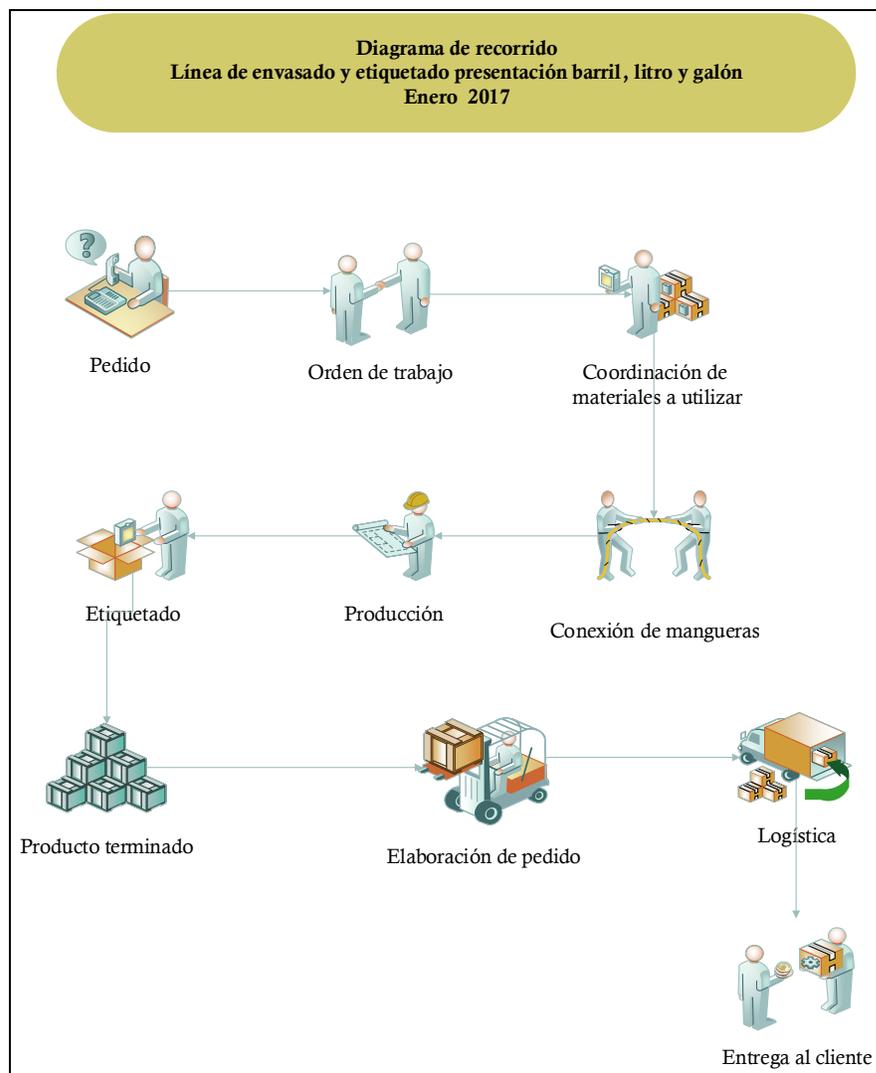


Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

2.5. Diagramas de recorrido

A continuación se presenta el diagrama de recorrido de la línea de envasado y etiquetado.

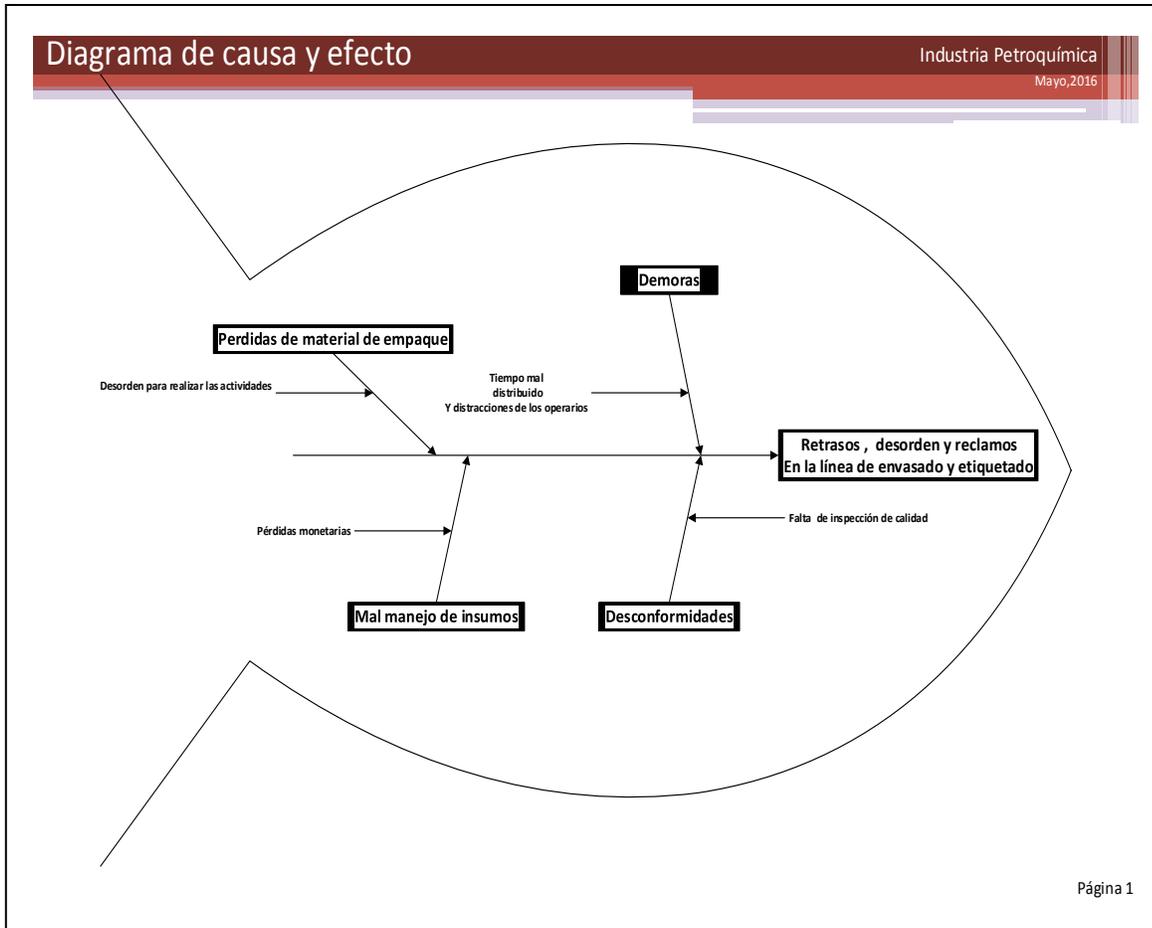
Figura 7. Diagrama de recorrido de la línea de envasado y etiquetado



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

2.6. Diagrama de causa y efecto de retrasos en la línea de envasado

Figura 8. Diagrama de causa y efecto



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

2.7. Tiempo de ocio y cuellos de botella en la operación de envasado y etiquetado

El mayor tiempo de ocio de la operación es cuando se solicita el material de empaque. Esta actividad dura entre 15 min a 30 min, durante este tiempo el

equipo de trabajo se queda parado, por no tener material para envasado. Los cuellos de botella están bastante controlados en la industria debido a que trabajan en parejas y mientras uno envasa el otro coloca tapaderas y sella.

En el área de envasado de barriles, tanto como envasado de galones y litros, el operador montacarguista empieza a colocar las tarimas en los tramos correspondientes hasta las 10:00 a. m. Esto se debe a que en la empresa se preparan los pedidos a las 7:00 a. m. para salir en ruta lo antes posible y finalizar el despacho con el cliente.

2.8. Eficiencia de las operaciones y funcionamiento de una línea de envasado y etiquetado

Existen varias herramientas para medir la eficiencia de las operaciones y el funcionamiento de una línea de envasado y etiquetado. La línea de envasado y etiquetado en la actualidad sí es eficiente, pues siempre logra fabricar las órdenes de producción en la fecha requerida. Con el desarrollo del trabajo se proporcionarán medidas y planes de mejora para sus funciones.

3. PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS OPERACIONES Y EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

En el presente capítulo se presenta una propuesta para optimizar las operaciones y el funcionamiento de la planta petroquímica, también podrá encontrarse: recomendaciones para dimensiones de estaciones de trabajo y estimaciones monetarias para la fabricación de las mismas.

3.1. Departamento de envasado y etiquetado

La propuesta para mejorar el rendimiento de las operaciones consiste en un diseño de estaciones ergonómicas que estarán construidas de *pallets* también llamadas tarimas. Se podrá emplear el reciclaje de barriles sin uso, estos barriles están fabricados de acero al carbón y, por razones de aspectos visuales, desgaste, oxidación, ya no están en uso y tampoco se pueden desechar, ya que son perjudiciales para el medio ambiente.

3.2. Materiales para la fabricación de las estaciones de trabajo

Se utilizarán tarimas desgastadas y reparadas, barriles vacíos de acero al carbón con capacidad de 55 galones, soldadora eléctrica, clavos, martillo, metro y equipo de protección personal. Las estaciones serán diseñadas especialmente para la bodega que tiene ubicada las líneas de envasado y etiquetado. Los barriles sin uso se encuentran ubicados dentro de la planta, aproximadamente la tara de cada barril oscila entre 17 +/- 3 kg. Los barriles son fabricados de acero al carbón.

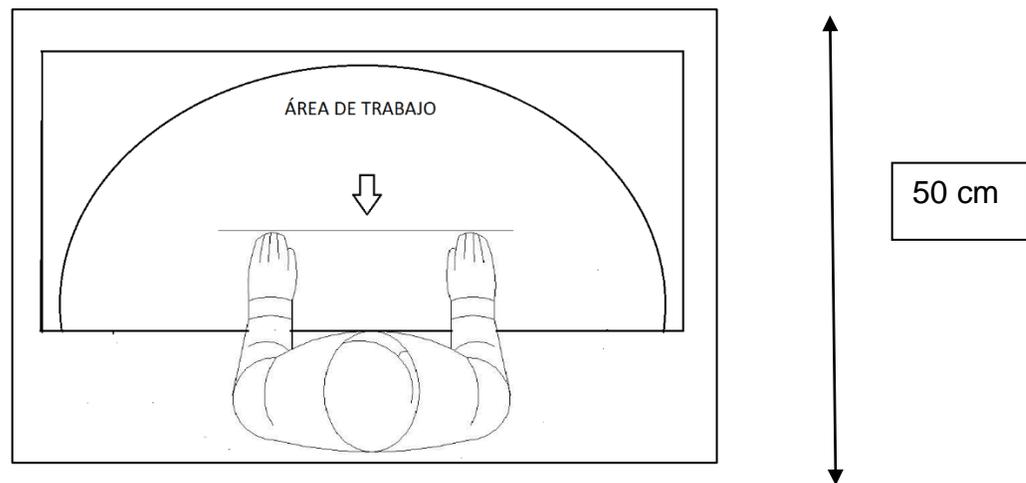
3.3. Dimensión de las estaciones de trabajo

Las posturas y los movimientos naturales son indispensables para el desarrollo del trabajo eficiente, es importante que la estación de trabajo se adapte a las dimensiones corporales y brinde comodidad al usuario. Las dimensiones que se consideran para la propuesta de las estaciones de trabajo para el área de envasado y etiquetado son las siguientes:

- Las alturas de los planos de trabajo son de suma importancia para la fabricación de las estaciones de trabajo, debido a que, si es muy alta o baja, el usuario sufre lesiones en la espalda o pequeños dolores musculares, independientemente a si realiza el trabajo de pie o sentado.
- En el caso trabajar sentado, la altura óptima de la estación de trabajo será directamente proporcional al tipo de trabajo que se realice, por ejemplo: si requiere realizar operaciones con cierta precisión y exactitud se requiere mayor comodidad, en el caso de necesitar hacer uso de equipos tales como computadoras también propicia necesidades visuales, a pesar de ser a menor escala, esto se debe a que la computadora se puede mover o, en el peor de los casos, maximizar y minimizar los tamaños de las letras o figuras que se ven, por otro lado, si la tareas y actividades laborales exigen esfuerzos físicos, traen consigo variaciones de especificaciones; por último, si se tiene requerimientos de realizar movimientos repetitivos es necesario que el plano de trabajo esté situado a la altura de los codos.
- Por lo general, el nivel de las estaciones de trabajo lo otorga la altura del equipo que se esté usando, por lo tanto, la altura de la mesa de trabajo deberá ser un poco más baja que la altura de los codos.

- En el caso de que el trabajo sea de oficina y se realicen actividades como leer y escribir, la altura de las estaciones de trabajo se debe situar de igual forma a la altura de los codos, teniendo holgura y espacio para elegir la altura para las personas de mayor medida, es decir que en estos casos se puede adaptar la altura con sillas o bancos ajustables.
- Independientemente de las alturas del plano de trabajo, el usuario debe estar cómodo y para ambos casos, al realizar actividades de forma sentada o parada, debe tener espacio para movilizar con amplitud las piernas y descansar los pies⁸.

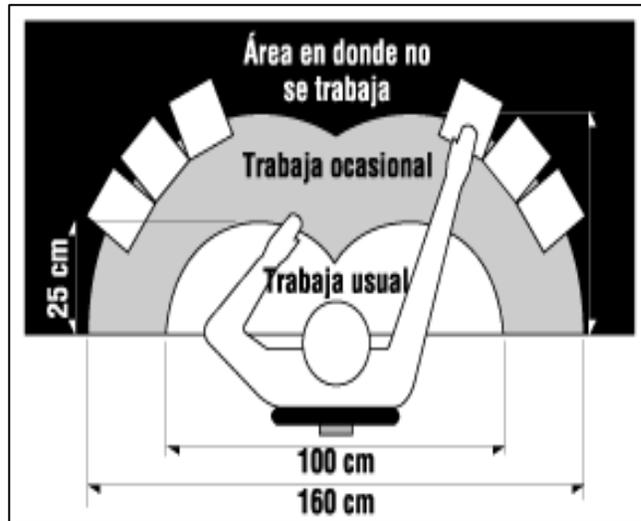
Figura 9. **Vista de planta de área utilizada para trabajo de envasado**



Fuente: *Bloques AutoCAD*. www.bloquesautocad.com. Consulta: 30 de septiembre de 2017.

⁸ *Oshanswers*. <http://www.ccsso.ca/oshanswersergonomics/>. Consulta: septiembre de 2016.

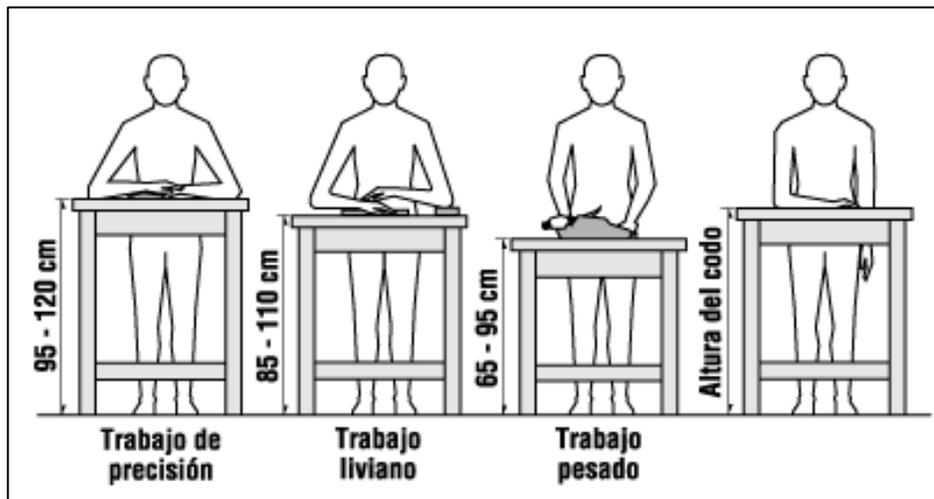
Figura 10. **Vista de planta de espacios de trabajo**



Fuente: *Oshanswers*. //httpwww.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics.

Consulta: 30 de septiembre de 2017.

Figura 11. **Medidas de alturas para estaciones ergonómicas**



Fuente: *Oshanswers*. //httpwww.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics.

Consulta: 30 de septiembre de 2017.

3.4. Costos de propuesta

A continuación se muestra un desglose de los costos según acción a tomar en la propuesta a realizarse en el puesto de trabajo ergonómico.

3.4.1. Costo de material y equipo para la fabricación de estaciones de trabajo

Tabla V. Costos de materiales para estaciones de trabajo

Descripción de artículos	Costo unificado
30 libras de <i>wipe</i>	Q 90,00
50 lijas	Q 50,00
5 escobas	Q 100,00
Paquete de jabón en polvo	Q 20,00
9 galones de jabón líquido	Q 240,00
20 garrafas de agua	Q 300,00
Total	Q 800,00

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.4.2. Costo por reciclaje de barriles

Considerando reciclar 100 barriles se presenta el siguiente costeo:

- El costo por reciclar 100 barriles de acero en quetzales es equivalente al costo por vender 100 barriles.
- Costo por vender 100 barriles con un peso 17 kg cada barril es: (1700 kg es equivalente a 3,748 libras) / 100 libras = 37,5 quintales de acero al carbón x Q 40,00 cada / quintal = Q 1 500,00 los 100 barriles.

- Costo total por reciclaje de 100 barriles Q (90 + 50 + 100 + 20 + 240 + 300 + 1500) = Q 2 300,00

3.4.3. Costo por reciclaje de tarimas

A continuación se detallan los costos para el reciclaje de tarimas:

Tabla VI. Insumos para reciclar tarimas

Descripción de artículos	Costo unificado
200 clavos	Q 20,00
10 libras de <i>wipe</i>	Q 30,00
50 lijas	Q 50,00
Escoba	Q 20,00
3 cepillos de raíz	Q 50,00
Paquete de jabón en polvo	Q 20,00
3 galones de jabón líquido	Q 80,00
2 galones de <i>thinner</i>	Q 100,00
Tornillos	Q 100,00
Total	Q 470,00

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.4.4. Costo de mano de obra por soldar barriles

El costo de mano de obra por soldar 1 barril es Q. 12.00, utilizando mano de obra de un mecánico soldador de la industria petroquímica. El costo de mano de obra por soldar 100 barriles es de Q. 1 200,00.

3.4.5. Costos por fabricar una estación de trabajo ergonómica

Un resumen de los costos se muestra en las tablas VII y VIII.

Tabla VII. Costos para fabricar una estación ergonómica

Costo por reciclar de 3 barriles Q. 23.00 x 3 = Q. 69,00	Costo de oportunidad de vender 1 tarima Q. 40,00 es equivalente al reciclaje de la misma.
Costo por reciclar 30 tarimas es Q. 1 200	
Costo por limpieza de 1 tarima Q. 20,00	Costo por limpieza de 30 tarimas Q. 600
Costo de insumos utilizados en las tarimas necesarios para fabricar una estación Q. 470,00	Costo de insumos necesarios para 3 fabricar 3 estaciones de trabajo Q. 1 410,00
Costo de 1 plancha de acero inoxidable Q. 1000,00	Costo de 3 planchas de acero inoxidable Q. 3000,00
Costo de mano de obra para fabricar 1 estación Q. 1 200	Costo por limpieza de barriles Q. 500,00
Se utilizaran 30 tarimas para fabricar 1 estación de trabajo	Costo de mano de obra para fabricar 1 estación ergonómica Q. 1 200
Costo para fabricar 3 estaciones	Q. 17 517,00

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla VIII. Resumen de costos para fabricación de estaciones ergonómicas

Costo de reciclaje 30 tarimas	Costo por limpieza de 10 tarimas	Costo de insumos necesarios para reciclar barriles	Costo de insumos necesarios para reciclar tarimas	Costo de plancha de acero inoxidable	Costo por limpieza de barriles	Costo por reciclaje de barriles	Costo de mano de obra para fabricar 1	Costo total fabricar una estación ergonómica
Q (30x40) = Q. 1200,00	30x20 = Q. 600,00	Q. 800,00	Q. 470,00	Q. 1 000,00	500	Q (23x3) = Q. 69,00	Q. 1 200,00	Q. 5 839,00

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.5. Fase inicial

La propuesta para mejora en las operaciones y fabricación de estaciones ergonómicas está dividida en 2 fases: inicial e intermedia. A continuación se detalla la estructura de la fase inicial:

3.5.1. Plan de reciclaje dentro de la planta

Para partir de un plan de reciclaje se debe definir este concepto, que es utilizar recursos, materiales ya usados y desperdicios remanentes para nuevos usos, disminuyendo la saturación de basura. Partiendo de esa concepción de reciclaje se procede a realizar los siguientes pasos:

- Inspección de planta: se revisa el estado actual de la planta y se analiza cómo se puede mejorar cada parte de la bodega.
- Orden y limpieza: se revisa que toda la planta esté cumpliendo con condiciones de higiene y que no exista ningún material o desecho que obstruya el paso y fluencia de montacargas o paso peatonal.
- Se llena hoja de materiales recuperables.
- Se emite la orden de trabajo de recolección de materiales y desechos.
- Se reciclan los desechos reportados y autorizados.

3.5.2. Área de envasado y etiquetado

El área de envasado y etiquetado se verá beneficiada en los aspectos ergonómicos y ambientales debido a que tendrá espacios más cómodos para realizar sus operaciones de forma ordenada.

3.5.3. Plan de manejo de desechos sólidos en la planta

El plan de manejo de desechos sólidos en planta para la industria petroquímica se estructura en 3 puntos importantes: recolección, almacenamiento y disposición final.

- Recolección

La recolección de desechos generados será realizada 1 vez cada 3 semanas en un día hábil y se ejecutará con la supervisión del jefe de planta.

- Almacenamiento

Se contará con un centro de acopio en que se almacenarán los desechos reciclados, el mismo estará dividido en 4 partes:

- Desechos recolectados de tarimas
- Desechos recolectados de barriles
- Desechos de saneamiento de tarimas
- Desechos de saneamiento de barriles de acero

- Disposición final

Los primeros lotes de tarimas y barriles reciclados serán utilizados para las fabricaciones de estaciones ergonómicas, pero para que la gestión de reciclaje sea permanente, la industria petroquímica tendrá la opción de poder vender a clientes que están interesados en la adquisición de tarimas para fabricación de diferentes muebles.

3.5.4. Cronograma de recolección de desechos

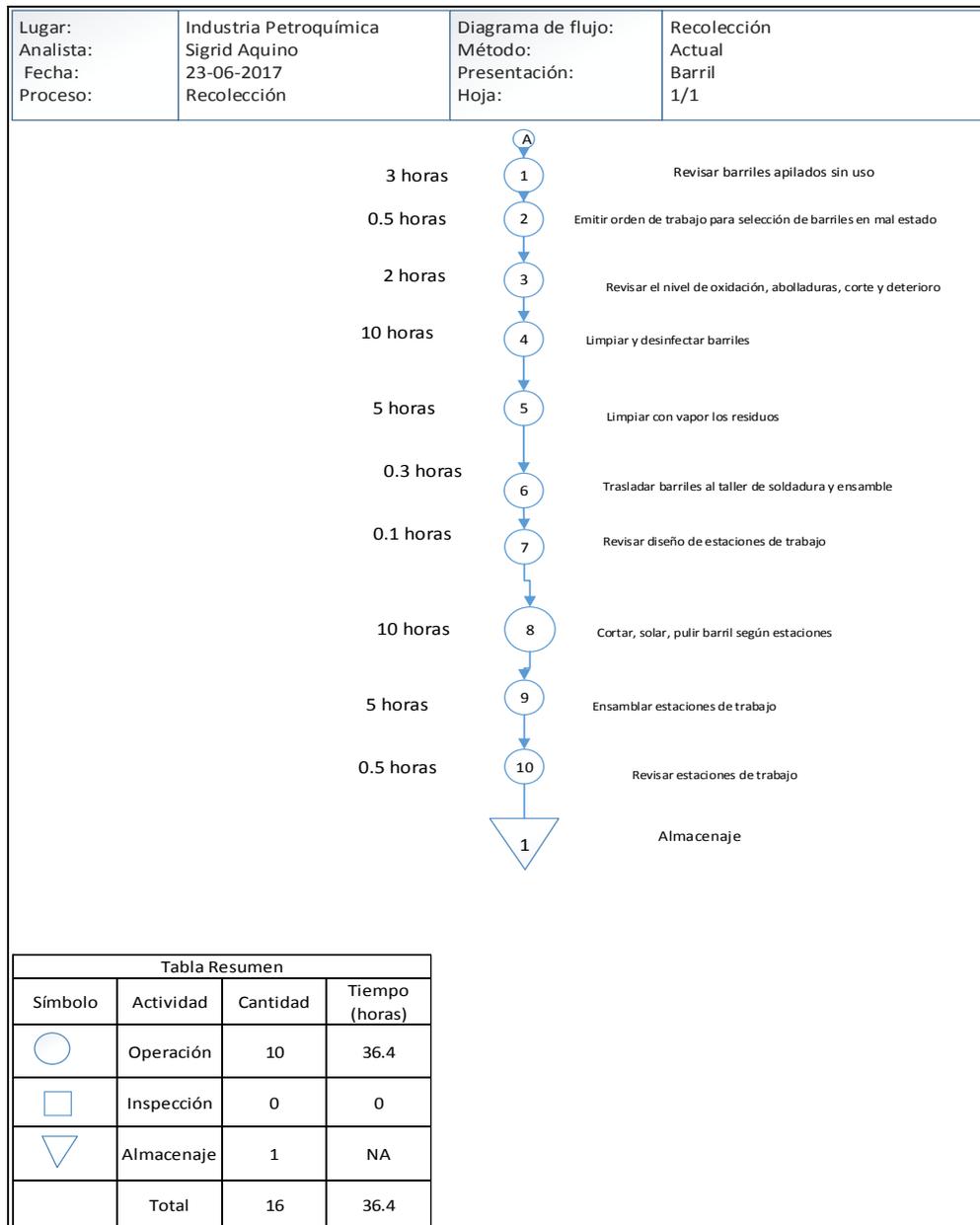
Tabla IX. Recolección para industria petroquímica

Cronograma Recolección de Desechos 2018																															
Industria Petroquímica																															
Codigo de colores																															
Estatus		Estatus		Cod. Color																											
Realizada	1	Realizada	1	Verde																											
No realizada	2	No realizada	2	Rojo																											
Reprogramada ejecutada	3	Reprogramada ejecutada	3	Azul																											
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio									
No	Actividad	Responsible	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana								
			6	7	8	9	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
1	Inspección de planta	JP	█				█				█				█				█				█				█				
2	Recolección de tarimas	OP		█				█				█				█				█				█				█			
3	Recolección de barriles	OP		█				█				█				█				█				█				█			
No	Actividad	Responsible	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre								
			Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana								
			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52			
1	Inspección de planta	JP																													
2	Recolección de tarimas	OP	█				█				█				█				█				█				█				
3	Recolección de barriles	OP		█				█				█				█				█				█				█			

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Word.

3.5.5. Diagrama de flujo de recolección de barriles de acero al carbón

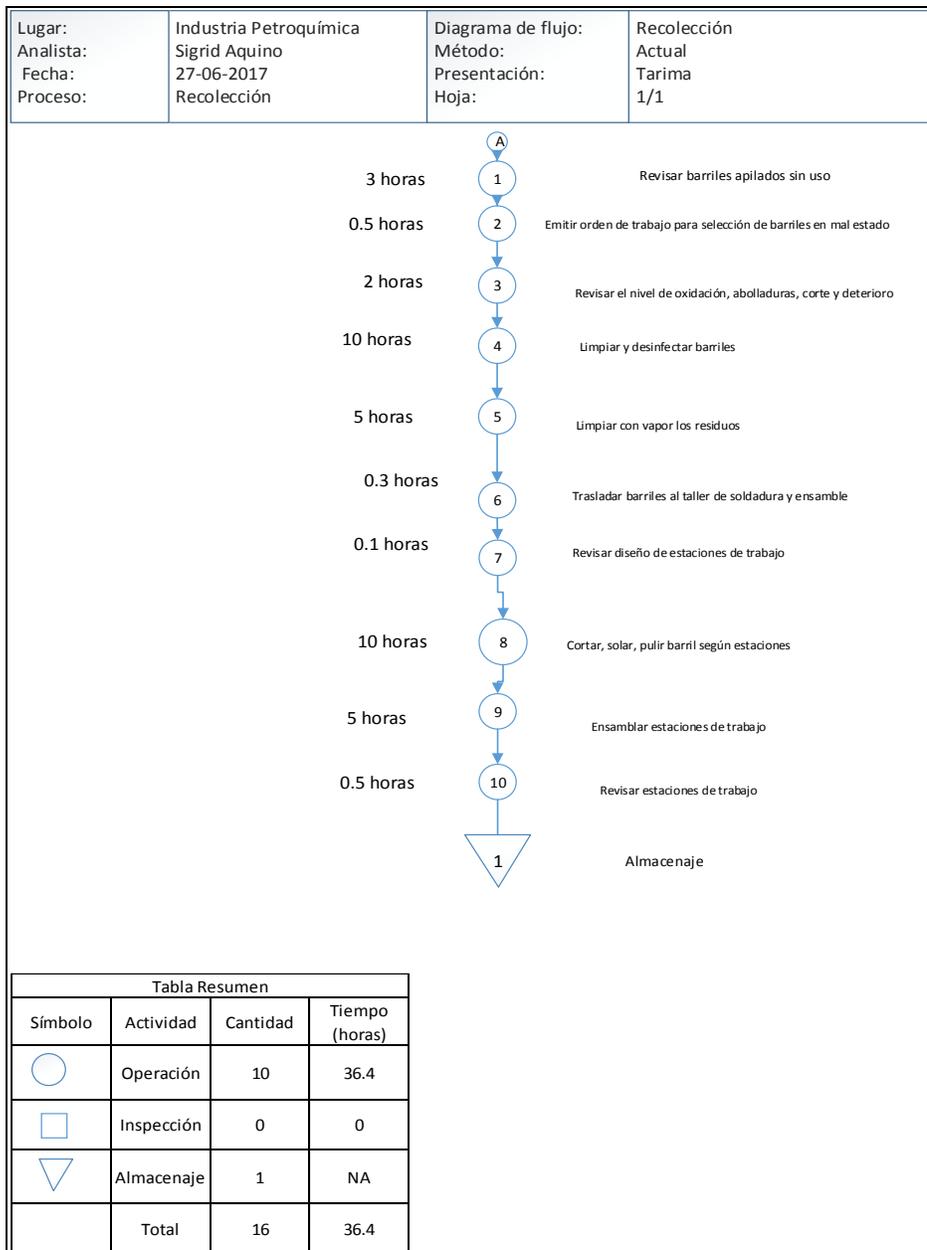
Figura 12. Recolección de barriles



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.5.6. Diagrama de flujo de recolección de tarimas

Figura 13. Recolección de tarimas



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.5.7. Selección de barriles y tarimas

Para la inspección de materiales recuperables la industria petroquímica puede utilizar la hoja de selección de barriles y tarimas.

Tabla X. **Hoja de selección de barriles y tarimas**

Industria Petroquímica	Hoja de selección de barriles y tarimas	Versión: 01
		Página 1 de 1
	Realizó:	
	Aprobó: Jefe de Producción	
Actividad	Selección de Barril	Selección de barril
Equipo de seguridad	Herramientas	Preparación del trabajo
Casco, guantes piel de cerdo, botas punta de acero , mascara media cara	Martillo tarima	Se debe revisar que la tarima esté en buen estado.
	Materiales peligroso	Se debe revisar que las tarimas no estén quebrados, que los barriles estén corroídos
	<i>Thinner</i> , alcohol	
Pasos de trabajo	Riesgos	Reglas y prácticas segura
Inspeccionar el área	Contaminación cruzada	La resistencia de las tarimas dependerá de la madera con la que se fabricó
Separar las tarimas y barriles	Golpes , fisuras cortes	Se debe evitar dejar caer o golpear los barriles y tarimas
Colocar tarimas en el porta pallet	Lesiones lumbares, caídas y golpes	Se debe sostener entre dos personas la tarima estibando una unidad a la vez solo se puede estibar 8 tarimas en un pallet o 3 barriles y deben ser amarrados con fleje antes de movilizarlo
Trasladar tarimas, o barriles al área de desecho	Lesiones lumbares, caídas y golpes	Se debe asegurar la carga para evitar que se caigan o resbalen las unidades
Colocar tarimas o barriles	Lesiones lumbares, caídas y golpes	Se debe separar las tarimas recolectadas y barriles recolectados en el área de desechos destinado
Limpiar desechos	Intoxicación, irritación de piel y ojos	Se debe limpiar con <i>wipe</i> limpio residuos de material

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.5.8. Limpieza de barriles

Tabla XI. Verificación de limpieza de barriles

Industria Petroquímica	Verificación de limpieza de barriles	Versión: 01
		Página 1 de 1
	Realizó:	
	Aprobó: Jefe de Producción	
Actividad	Selección de Barril	Selección de barril
Equipo de seguridad	Herramientas	Preparación del trabajo
Casco, guantes piel de cerdo, guante quirúrgico, bota industrial punta de acero, máscara para gases, media cara	Escoba	Se debe revisar que el barril no esté quebrado, tenga o tenga fisuras.
	Cepillo de raíz	
	Wipe limpio	
	Materiales peligrosos	Se debe revisar que los barriles no estén corridos
Thinner, alcohol		
Pasos de trabajo	Riesgos	Reglas y prácticas segura
Inspeccionar el barril	Se debe revisar	<p>Las reacciones químicas son peligrosas es importante revisar el rombo HMIS del material que fue envasado para evitar incendios, explosiones. Cada color del HMIS indica el riesgo.</p>  <p>Nombre de la Sustancia</p> <p>SALUD <input type="checkbox"/></p> <p>INFLAMABILIDAD <input type="checkbox"/></p> <p>REACTIVIDAD <input type="checkbox"/></p> <p>Equipo de Protección Personal <input type="checkbox"/></p>
Separar barriles	Golpes, fisuras, cortes	Se debe evitar dejar caer o golpear los barriles y tarimas
Vaciar tanque	Lesiones lumbares, caídas y golpes	Sobre un tote abierto se debe voltear el barril 180 grados de tal forma que se escurra los líquidos remanentes que pertenecían al barril, no debe mezclar productos químicos, evite exponer los barriles al calor o altas temperaturas
Absorción de químicos	Intoxicación, irritación de piel y ojos,	Se debe limpiar con una mopa y wipe limpio residuos de material químico que no lograron escurrirse.
Limpieza con agua	Quemaduras, irritación de piel y ojos	Se debe limpiar con una mopa y wipe estos deben ser humedecidos con agua tibia hervida con 150 grados Celsius, esto ayudará a eliminar residuos químicos, bacterias.
Disposición de insumos utilizados	Intoxicación, irritación de piel y ojos	Separe en un contenedor los wipe sucios e identifíquelo, manténgalo lejos de fuentes de incendios

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.5.9. Limpieza de tarimas

Tabla XII. Procedimiento de limpieza de tarimas

Industria Petroquímica	Limpieza de tarimas	Versión: 01
		Página 1 de 1
	Realizó:	
	Aprobó: Jefe de Producción	
Actividad	Selección de Barril	Selección de barril
Equipo de seguridad	Herramientas	Preparación del trabajo
Casco, guantes piel de cerdo, guante quirúrgico, boda industrial punta de acero, máscara para gases media cara	Escoba	Se debe revisar que la tarima no tenga reglas quebradas, de ser así quitarlas y proceder a separar
	Cepillo de raíz	
	Wipe limpio	
	Materiales peligrosos	Se debe revisar que los barriles no estén corridos
Thinner, alcohol		
Pasos de trabajo	Riesgos	Reglas y prácticas segura
Inspeccionar tarimas	Se debe revisar	
Separar tarimas	Golpes, fisuras, cortes	Se debe evitar dejar caer o golpear los barriles y tarimas.
Quitar clavos		
Limpieza de residuos químicos	Lesiones lumbares, caídas, golpes, irritación de piel	Se debe colocar sobre un recipiente vacío la tarima y sobre ella lijar una capa de por lo menos 1mm de grosor las tarimas por la superficie de todas sus caras y aristas.
Absorción de químicos	Intoxicación, irritación de piel y ojos,	Se debe limpiar con una mopa y <i>wipe</i> limpio residuos de material químico que no lograron escurrirse.
Limpieza con agua	Quemaduras, irritación de piel y ojos	Se debe limpiar con una mopa y <i>wipe</i> estos deben ser humedecidos con agua tibia hervida con 150 grados Celsius esto ayudará a eliminar residuos químicos, bacterias.
Disposición de insumos utilizados	Intoxicación, irritación de piel y ojos	Separe en un contenedor el aserrín contaminado e identifíquelo manténgalo lejos de fuentes de incendios, mezclas con otros materiales y del calor.

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.5.10. Saneamiento de barriles

Hace referencia al conjunto de actividades que se realizan con el fin de disminuir microorganismos a un nivel bajo y contribuir a dejar superficies limpias. Algunas veces el detergente ayuda a remover la suciedad de distintas áreas y los desinfectantes ayudan a eliminar y matar bacterias.

3.5.11. Saneamiento de tarimas

Es la acción de reducir la mayoría de microorganismos, para esto es necesario realizar constante limpieza y evitar la acumulación de residuos. Al tener aglomeraciones de desechos, se otorga la oportunidad para colonias de miles de bacterias multiplicándose exponencialmente.

3.6. Fase Intermedia

La fase intermedia está constituida por una propuesta de diseño de planos para las estaciones de trabajo ergonómicas, requisitos para la fabricación de las mismas, diagrama de flujo que detalla la secuencia de pasos para la fabricación de las estaciones y diagrama de recorrido mejorado del área, entre otros.

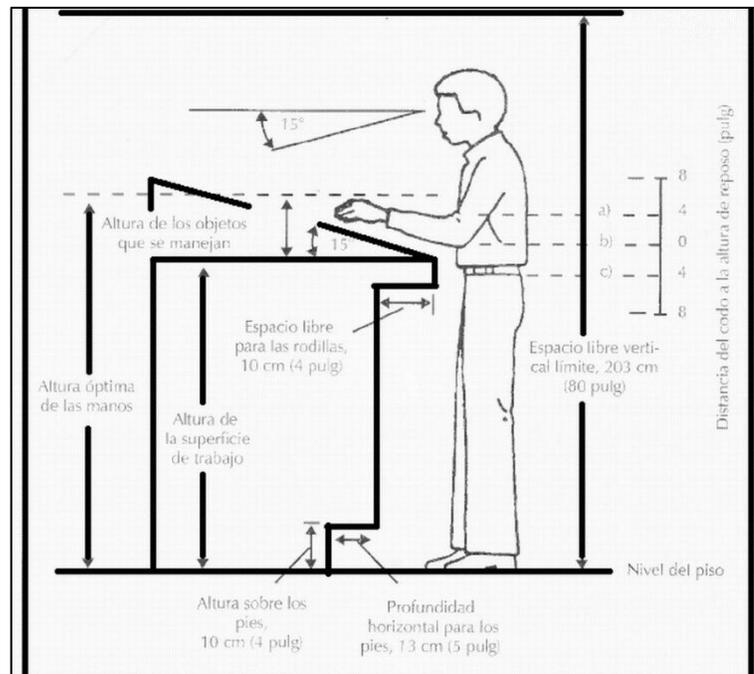
3.6.1. Fabricación de estaciones de trabajo

La fabricación de estaciones puede utilizarse como una campaña verde para la industria petroquímica, también puede servir como incentivo para unir a los colaboradores y fomentar el reciclaje, además de la gran contribución de mejora en ergonomía.

3.6.2. Diseño de planos de estaciones de trabajo ergonómicas

A continuación se muestran los planos para las posiciones de trabajo a proponerse.

Figura 14. Propuesta de estaciones ergonómicas



Fuente: NIEBEL FREIVALDS. 2005. Consulta: enero 2017.

En la figura se detallan medidas recomendadas para fabricación de estaciones de trabajo para realizar tareas de pie:

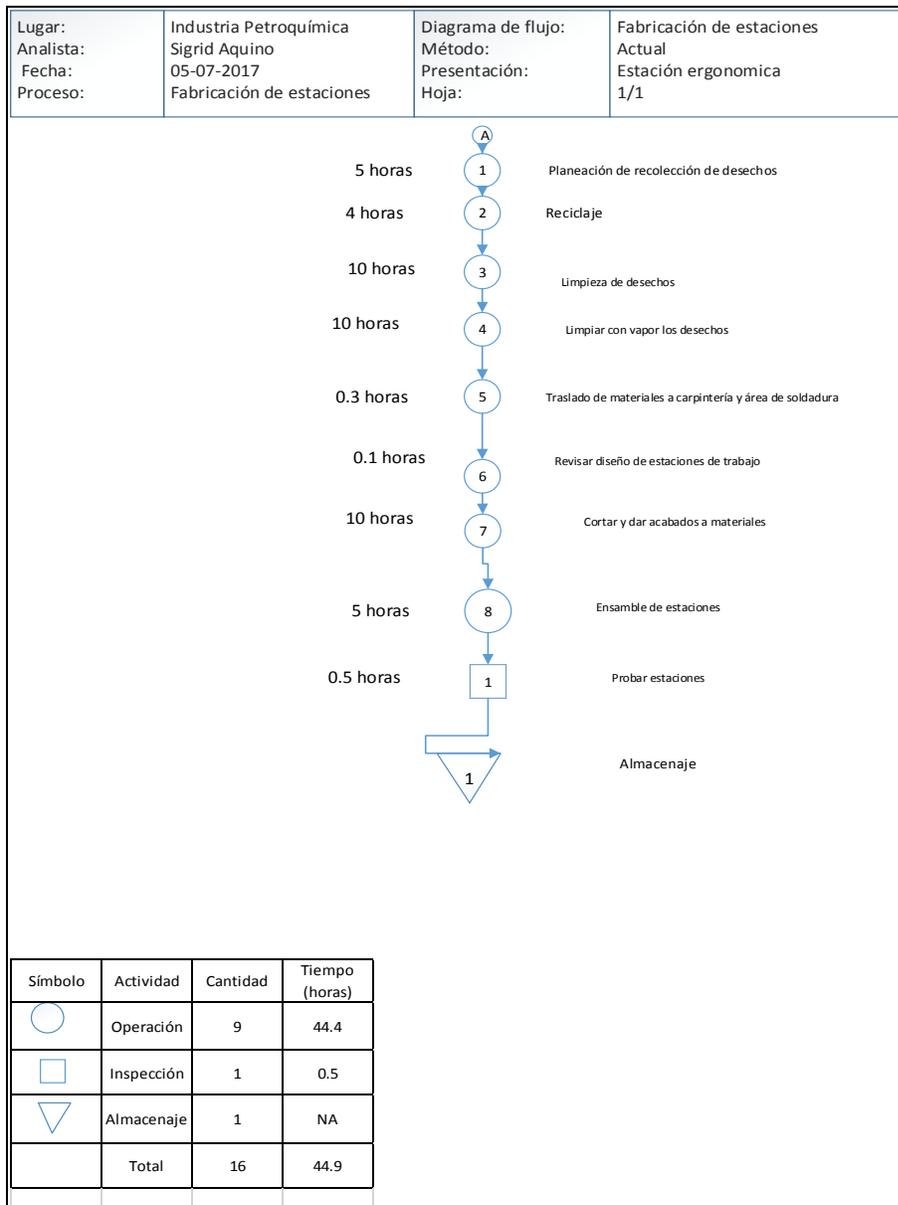
- Tareas para trabajo de precisión con descanso para el brazo.
- Tarea de ensamble ligero.
- Tareas de trabajo pesado.

3.6.3. Requisitos técnicos para la fabricación de las estaciones de trabajo

- Las estaciones deben estar fabricadas por lo menos con el 40 % de desechos sólidos, principalmente madera y barriles de acero al carbón, y con acabados sin terminaciones cortantes o que puedan ocasionar heridas.
- El operador debe tener a la mano una silla ergonómica para descansar en momentos libres.
- La base de trabajo debe tener suelo antideslizante.
- El operador debe tener cerca el centro de acopio de desechos clasificados por color.
- El operador debe tener de forma impresa y clara instrucciones de trabajo.
- La estación de trabajo debe estar accesible de tal forma que sea fácil evacuar a la hora de una emergencia.
- La estación de trabajo debe tener separada el área para almacenar la herramienta de forma ordenada.
- Cerca de la estación de trabajo debe estar el mapa que guíe la ruta de evacuación de trabajo.
- Los extintores que estén colocados en la empresa deben tener su respectivo marchamo, por último, su acceso no debe estar bloqueado.

3.6.4. Diagrama de flujo para la fabricación de las estaciones de trabajo

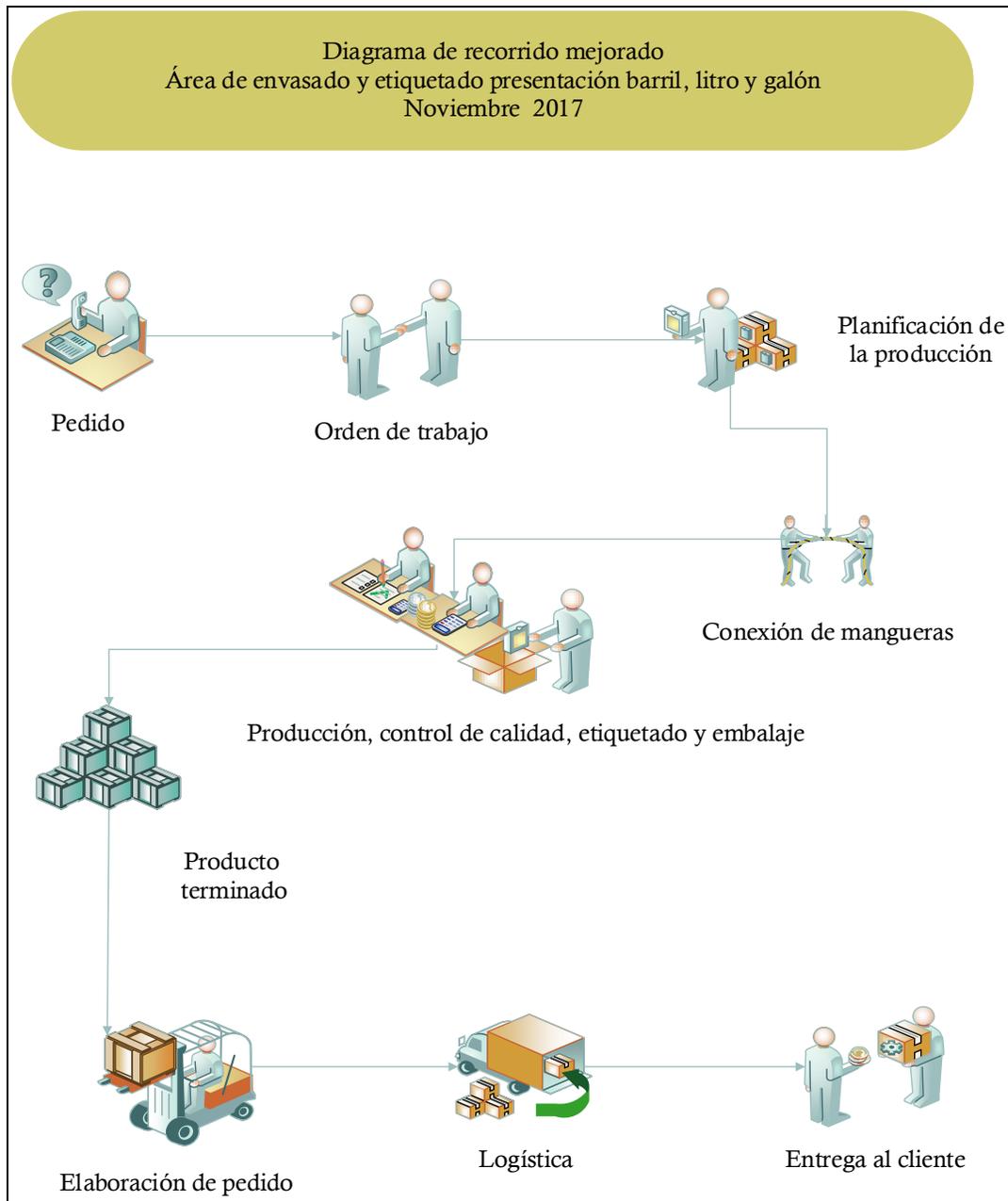
Figura 15. Fabricación de estaciones de trabajo



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.6.5. Diagrama de recorrido mejorado del área de envasado

Figura 16. Área de envasado y etiquetado



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.6.6. Distribución de la planta con la nueva línea de envasado

La distribución de la planta es de gran importancia para el área de trabajo, que debe estar libre de obstáculos. Al establecer estaciones ergonómicas, la realización de operaciones se facilitará, se disminuirá el cansancio y la probabilidad de adquirir enfermedades ocupacionales, se instituye mayor comodidad y armonía al entorno de los colaboradores y, por tanto, se incrementará el rendimiento.

3.7. Fase final

En la fase final se detalla una propuesta de ubicaciones de las estaciones de trabajo, planos del área de envasado mejorado, diagramas de operaciones mejorados, propuestas para limpieza y mantenimiento de las estaciones, entre otros.

3.7.1. Ubicación de las estaciones de trabajo

La ubicación de las estaciones será dentro de la bodega de envasado y etiquetado, frente a las válvulas de llenado de los tanques que almacenan producto químico, a una distancia de 15 metros como mínimo de los diques de contención.

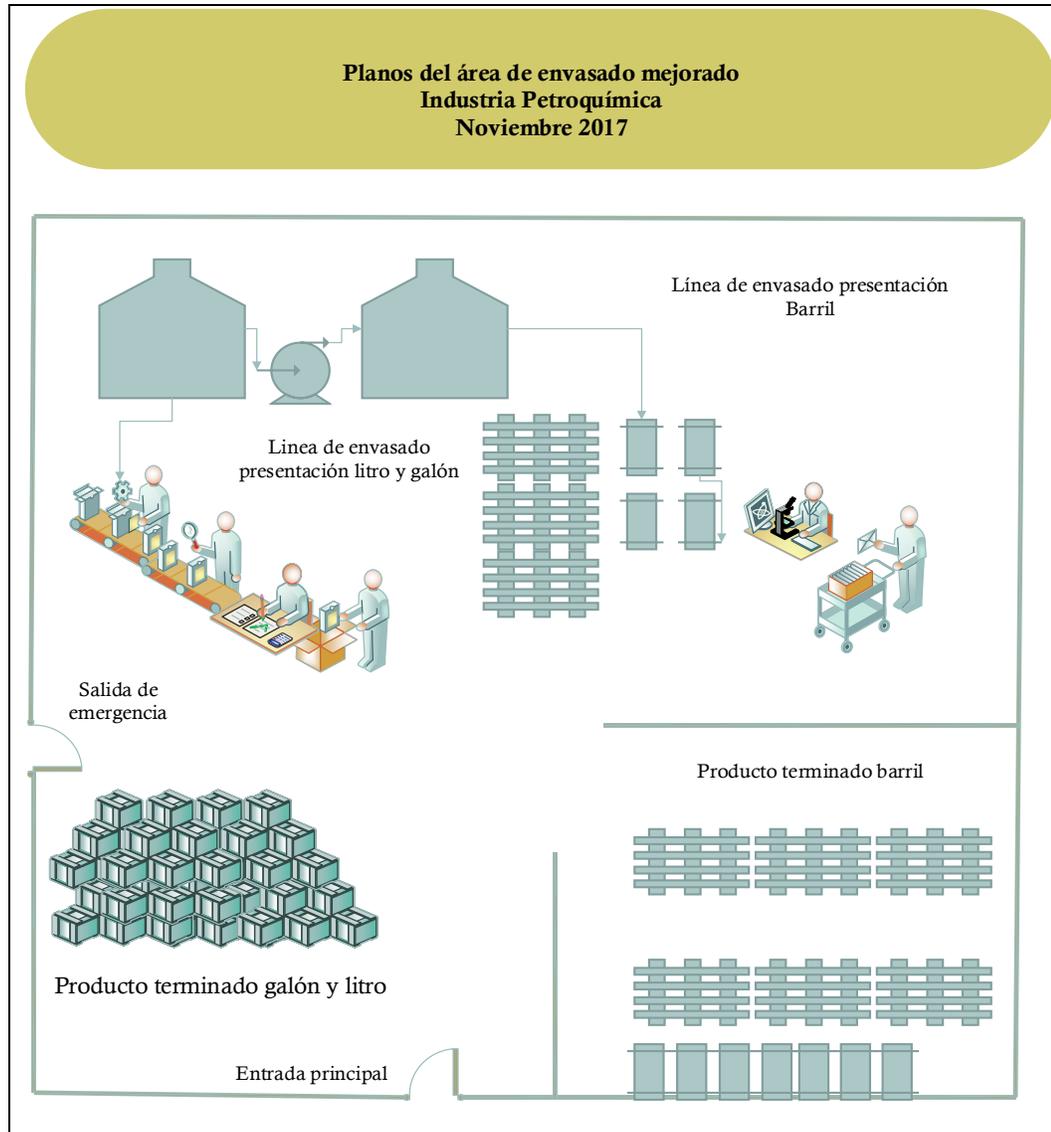
Figura 17. **Bodega de envasado y etiquetado**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.7.2. Planos del área de envasado mejorado

Figura 18. Mejoras en el área de envasado



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.7.3. Limpieza y mantenimiento de las estaciones de trabajo

La limpieza y mantenimiento de las estaciones y área de trabajo podrán revisarse con la siguiente hoja de verificación, considerando como base la metodología 5s, técnica que es fácil de aplicar por la sencillez de su estructura.

Se llama 5s porque la metodología toma las iniciales de las cinco etapas para su nombre, estas buscan el compromiso de mantener áreas limpias y ordenadas. Esta técnica es de origen japonés e inició en los años 60 para la marca Toyota.

Tabla XIII. Definiciones de 5S

Nombre Japonés	Nombre Español	Definición	Objetivo
<i>Seiri</i>	Clasificación	Separar lo útil de lo innecesario	Liberar espacio
<i>Seiton</i>	Orden	Colocar en lugares específicos los utensilios	Organizar las áreas de trabajo
<i>Seiso</i>	Limpieza	Eliminar suciedad	Mejorar la calidad y limpieza de los lugares
<i>Seiketsu</i>	Estandarizar	Formar parámetros de orden	Gestionar la prevención de suciedad y desorden
<i>Shitsuke</i>	Disciplina	Crear conciencia	Mantener el orden con directrices

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla XIV. Hoja de verificación de las 5S

HOJA DE VERIFICACIÓN 5S INDUSTRIA PETROQUIMICA	Punteo de calificación			
	0	La característica evaluada no está implementada.		
Tipo de inspección:	1	La característica evaluada está en etapa de implementación, no hay evidencia en visual, pero hay documental.		
Fecha:	2	La característica evaluada está parcialmente implementada, hay evidencia visual y puede no haberla documental.		
Departamento:	3	La característica evaluada está implementada, hay evidencia de ello tanto documental como visual.		
Nombre de encargado de área:				
Evaluador:				
Clasificación (Seiri)	Aplica	Puntaje deseable 15 puntos	Puntaje obtenido	Hallazgos
¿Los artículos en el sitio de trabajo tienen un uso definido en las actividades clasificadas?	Si	3		
¿Todos los artículos que hay en el área de trabajo tienen un lugar definido para ser guardado?	Si	3		
¿En el área de trabajo se encuentran objetos no necesarios para las actividades rutinarias?	Si	3		
¿Todos los equipos y utensilios que hay en el área de trabajo tienen un uso definido para las actividades?	Si	3		
¿En el área de trabajo se encuentran equipos obsoletos, dañados o rotos?	Si	3		
Orden (Seiton)	Aplica	Puntaje deseable 9 puntos	Puntaje obtenido	Hallazgos
¿Las herramientas de trabajo y utensilios se encuentran en orden, de manera que se puedan encontrar fácilmente?	Si	3		
¿Las herramientas de trabajo en el área se encuentran clasificadas y etiquetadas con algún código de colores para su fácil visualización y uso?	Si	3		
¿Las herramientas y utensilios del área se mantienen limpias y en buen estado?	Si	3		
Limpieza (Seiso)	Aplica	Puntaje deseable 9 puntos	Puntaje obtenido	Hallazgos
¿Todos los artículos, herramientas y superficies del puesto de trabajo están visualmente limpias?	Si	3		
¿Los equipos se encuentran visualmente limpios?	Si	3		

Continuación de la tabla XIV.

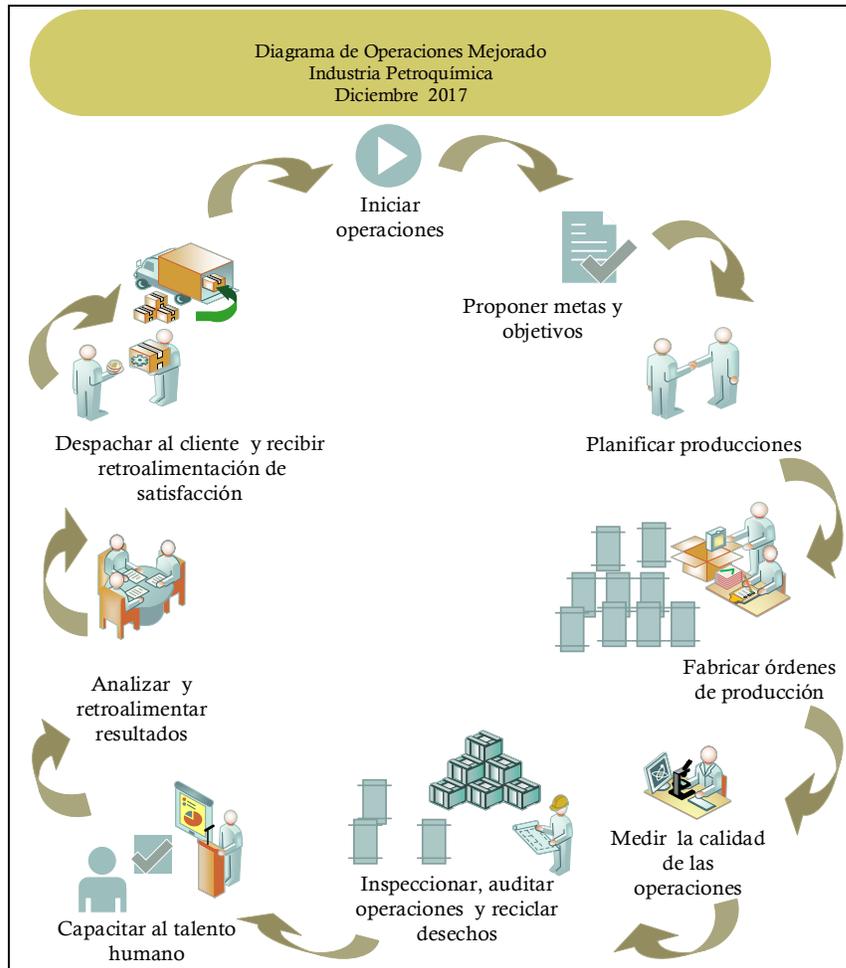
¿En el área de trabajo hay una adecuada disposición de los desechos cumpliendo con criterios de clasificación según si el material es reciclable?	Si	3		
Estandarizar (<i>Seiketsu</i>)	Aplica	Puntaje deseable 12 puntos	Puntaje obtenido	Hallazgos
¿Tiene el área implementado un proceso para eliminar los objetos, equipos, muebles y accesorios no requeridos?	Si	3		
¿El área tiene implementado un sistema de turnos para limpieza que cubra todos los artículos, accesorios, equipos en general?	Si	3		
¿El área tiene implementado un sistema de listas de verificación de elementos de seguridad, protección y de atención ante emergencias, se encuentran completos y disponibles?	Si	3		
¿El departamento tiene implementado procedimiento para seguimiento de orden y limpieza?	Si	3		
Disciplina (<i>Shitsuke</i>)	Aplica	Puntaje deseable 9 puntos	Puntaje obtenido	Hallazgos
¿El área de trabajo tiene un estándar de limpieza y disciplina?	Si	3		
¿El área de trabajo tiene implementada una estrategia para reconocer méritos a los colaboradores que cumplen con los criterios de orden y limpieza?	Si	3		
¿Los trabajadores dejan su lugar de trabajo organizado cuando terminan sus actividades diarias?	Si	3		
Nota final			Total	/54 puntos

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.7.4. Diagrama de operaciones mejorado

A continuación se muestra el diagrama de operaciones mejorado, en que se incluye: medición de procesos, auditorías, inspecciones de materiales recuperables, reciclaje de desechos, capacitación y, por último, retroalimentación por parte de los clientes.

Figura 19. **Mejoras en operaciones**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.8. Diagramas de flujo mejorado

A continuación se detallan los diagramas de flujo mejorados para la industria petroquímica. Estas mejoras serán para las líneas de envasado y etiquetado en presentación: barril, galón y litro.

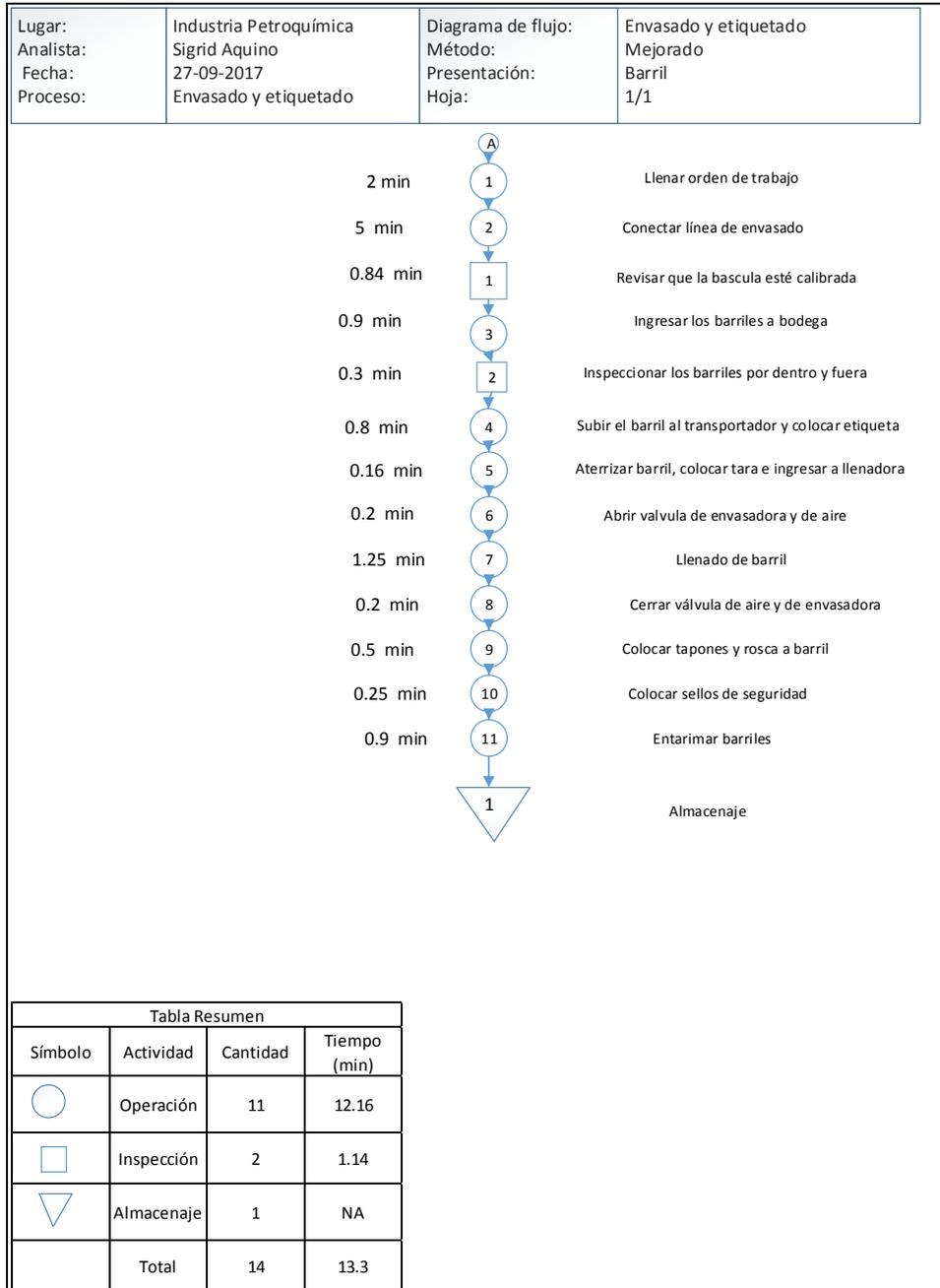
3.8.1. Envasado y etiquetado de barril mejorado

Tabla XV. Procedimiento de envasado de solventes y etiquetado en barril

Actividad	Tiempo	Objetivo
0. Se coloca el equipo de protección personal: casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	.
1. Llenar orden de trabajo	2 min	Determinar la cantidad de producto que se va a envasar.
2. Se conecta la línea de envasado: Iniciando desde la válvula del tanque hacia el filtro, este se conecta a la bomba neumática, luego se conecta a la envasadora.	5 min	Las mangueras se conectan según la tabla de identificación de familias. La bomba neumática está conectada a tierra física. Cuando se cambia de familia de productos: se debe lavar la bomba neumática, envasadora, por último se debe registrar la cantidad de producto que quede como remanente.
3. Se revisa que la báscula esté calibrada.	0,84 min	Revisar con una masa patrón de 23 Kg que la báscula esté calibrada en sus 5 puntos.
4. Se ingresa los barriles a la bodega 3 (se realiza 6 filas dobles por 8 de profundidad).	0,9 min	Cada operario ingresa 2 barriles de manera simultánea, luego los coloca en 2 tramos con un tiempo de 0.9 min.
5. Se inspecciona los barriles por dentro y fuera.	0,3 min	Evitar que el barril tenga olores e impurezas. (Se inspecciona con linterna a prueba de explosión) si el barril es para envasar alcoholes, alifáticos y además este presente un olor se debe enjuagar con el producto a envasar.
6. Se sube el barril al transportador, se coloca etiqueta.	0,8 min	
7. Se ingresa el barril a llenadora, se coloca tierra física, se coloca la tara del barril.	0,16 min	Colocar tara en la etiqueta, verificar que el indicador de tierra física esté funcionando correctamente.
8. Se abre válvula de envasadora luego se procede a abrir válvula de aire	0,2 min	Siempre se realiza en ese orden.
9. Inicia el tiempo de envasado de solvente en barril.	1,25 min	Se revisa la tara del envase junto con el peso del producto y la altura del líquido en el primer barril.
10. Se cierra válvula de aire, luego se procede a cerrar válvula de envasadora.	0,2 min	Para cerrar es en el orden contrario primero se cierra la válvula del aire, luego se procede a cerrar la válvula de la envasadora.
11. Sale barril lleno y se colocan tapones con rosca.	0,5 min	Se asegura que estén apretados un tapón es de 2" y el otro de ¾".
12. Se colocan sellos de seguridad	0,25 min	Se corrobora que el sello esté bien colocado
13. Se entarima barriles.	0,9 min	En el pallet se pueden colocar hasta 4 barriles, el barril debe quedar colocado con las etiquetas al frente.
14. Se traslada la tarima de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.	1 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Word.

Figura 20. Envasado de presentación de barril



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.8.2. Envasado y etiquetado de galón mejorado

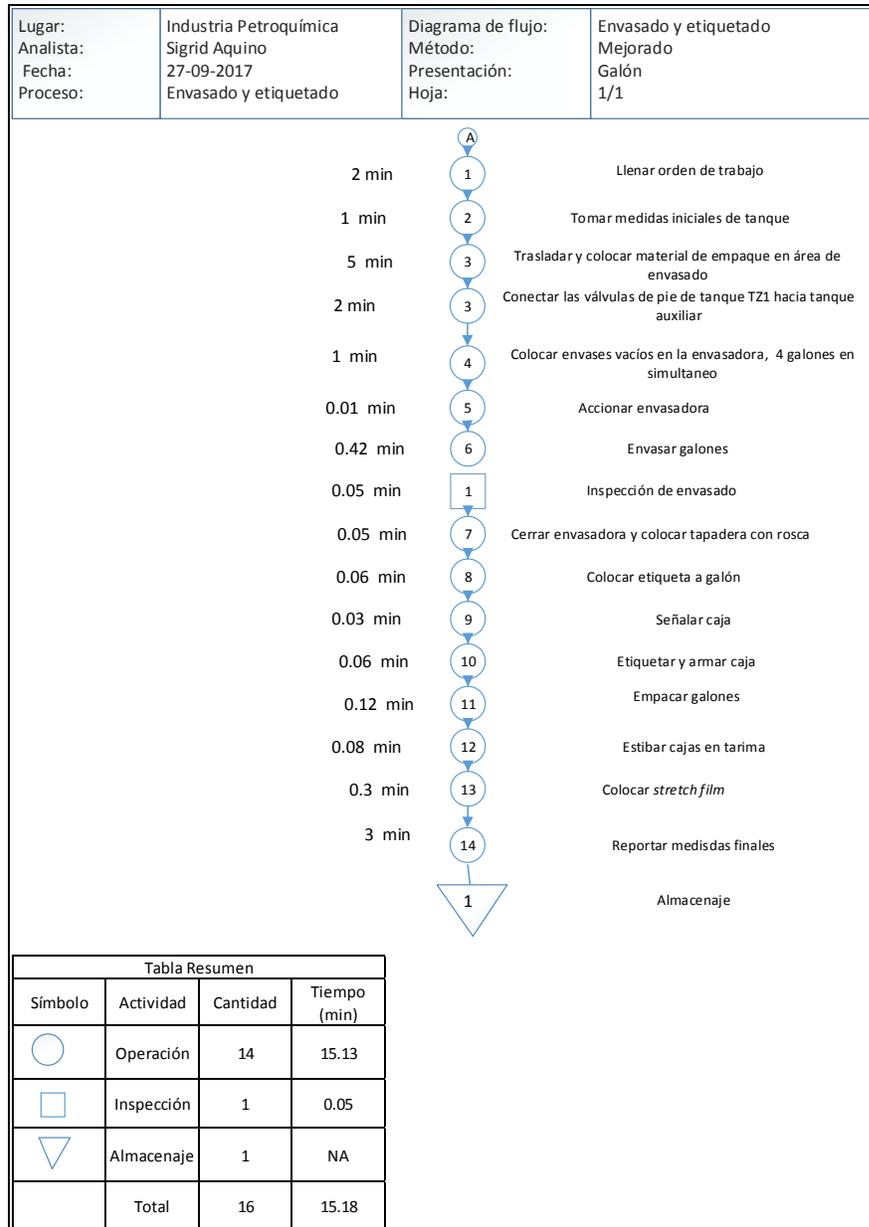
Tabla XVI. Envasado y etiquetado de presentación de galón mejorado

Actividad	Tiempo	Objetivo
0. Se coloca el equipo de protección personal casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	Que el operario tenga protección personal y que dentro de la planta el operador sea visible.
1. Se recibe la orden de trabajo.	2 min	Determinar la cantidad de producto que se envasará.
2. Se toma las medidas iniciales del tanque.	1 min	
3. Se traslada el material de empaque de bodega de almacenaje a área de envasado.	5 min	
4. Se conecta la válvula de pie de tanque TZ1 hacia tanque auxiliar, luego se dirige hacia bomba centrífuga, por último esta se dirige hacia envasadora de galones la cual dosifica 4 galones al mismo tiempo.	2 min	El número de tanque está sujeto a la orden de trabajo, debido a que cada tanque contiene producto diferente.
5. Se colocan los envases vacíos para llenar en la envasadora 4 galones al mismo tiempo.	1 min	Se coloca el envase con la boquilla hacia arriba para inicio de proceso de llenado
6. Se acciona envasadora.	0,01 min	Inicia el envasado de galón.
7. El tiempo de envasado de cada galón dura 25 segundos.	0,42 min	El envasado es automatizado se llenan 4 galones paralelos
8. Se cierra envasadora.	0,05 min	
9. Se coloca la tapadera con rosca.	0,05 min	
10. Se etiquetar al envase.	0,06 min	A cada envase se le colocan 2 etiquetas 2 segundos por etiqueta.
11. Se señala la caja con marcador permanente color negro.	0,03 min	
12. Se etiqueta la caja y se arma.	0,06 min	En el empaque colectivo se almacena 4 galones.
13. Se empaican los galones en caja de cartón.	0,12 min	Dentro de una caja se colocan 4 galones.
14. Se estiba la caja en la tarima.	0,08 min	
15. Se coloca <i>stretch</i> a la tarima.	0,3 min	El producto está listo para ser entregado.
16. Se reporta medidas finales del tanque en la orden de trabajo.	3 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

3.8.3. Envasado y etiquetado de galón

Figura 21. Envasado de presentación de galón



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

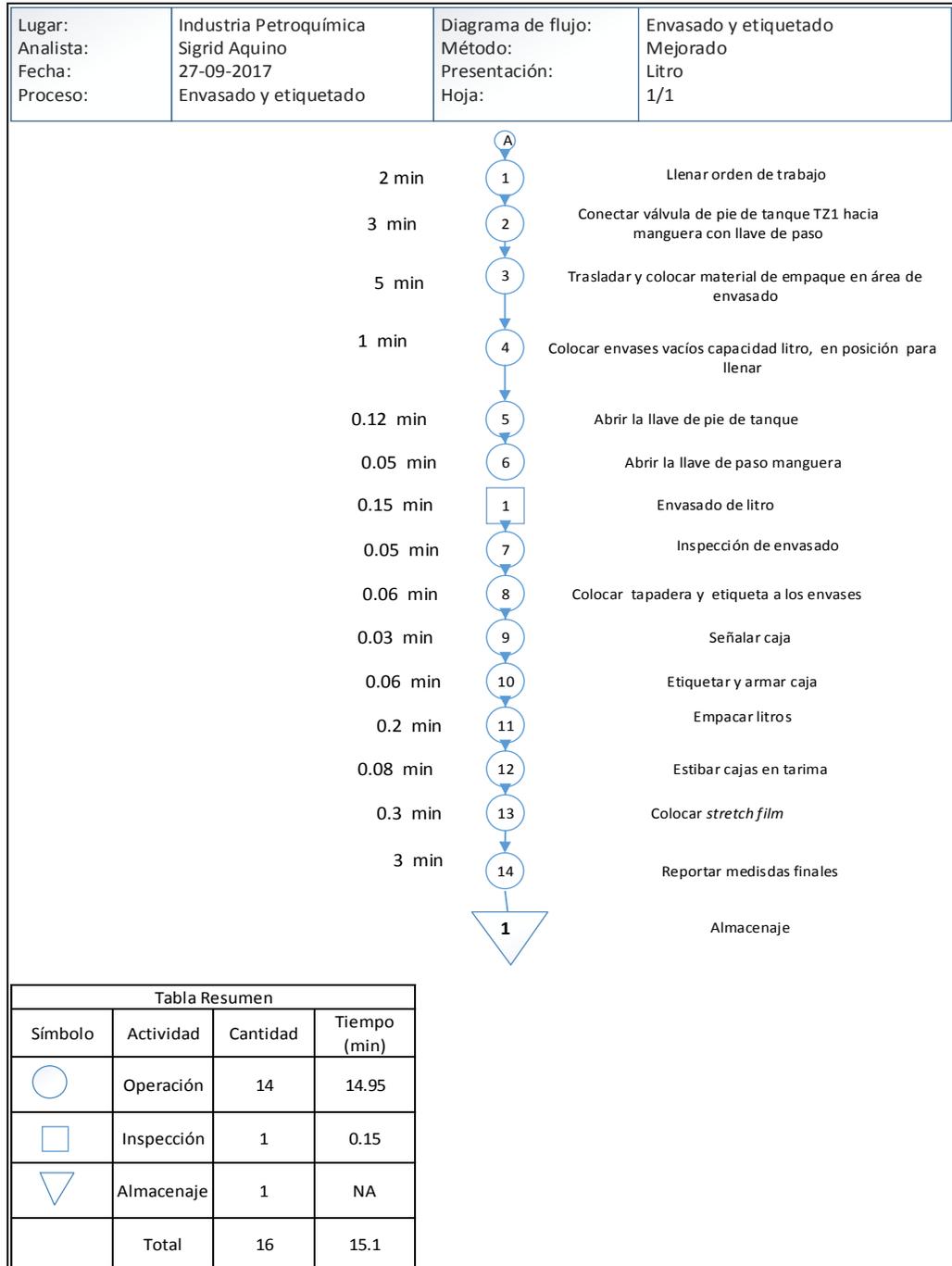
3.8.4. Envasado y etiquetado de litro mejorado

Tabla XVII. Envasado y etiquetado mejorado (litro)

Actividad	Duración	Objetivo
0. Colocarse el equipo de protección personal casco, anteojos, mascarilla, gabacha, guantes.	3 min	Que el operario tenga protección personal y que dentro de la planta el operador sea visible.
1. Se llenar la orden de trabajo.	2 min	Determinar la cantidad de producto que se va a envasar.
2. Se conecta válvula de pie de tanque TZ1 hacia manguera con llave de paso.	3 min	
3. Se traslada el material de empaque de bodega de almacenaje hacia área de envasado.	5 min	El material de empaque está conformado por tapaderas con rosca, etiquetas, envase primario, <i>stretch</i> , cajas para empaque secundario.
4. Se coloca envases vacíos para llenar.	1 min	Se coloca el envase con la boquilla hacia arriba para iniciar el proceso de llenado.
5. Se abre la llave de pie de tanque.	0,12 min	
6. Se abre la llave de paso de manguera.	0,05 min	
7. Inicia el tiempo de envasado de litro.	0,15 min	El envasado de litro se realizó manualmente es decir sin envasadora únicamente por carga a través de gravedad dura 9 segundos
8. Se coloca la tapadera con rosca.	0,05 min	
9. Se colocan las etiquetas.	0,06 min	A cada envase se le colocan 2 etiquetas
10. Se señala la caja.	0,03 min	
11. Se etiqueta la caja y se arma.	0,06 min	En empaque colectivo se almacena 6 litros
12. Se empacan los litros en caja de cartón.	0,2 min	
13. Se estiba	0,08 min	
14. Se coloca <i>stretch</i> al producto en el pallet.	0,3 min	
15 Se reporta las mediciones finales de tanque.	3 min	
16. Se traslada de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.	2 min	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Word.

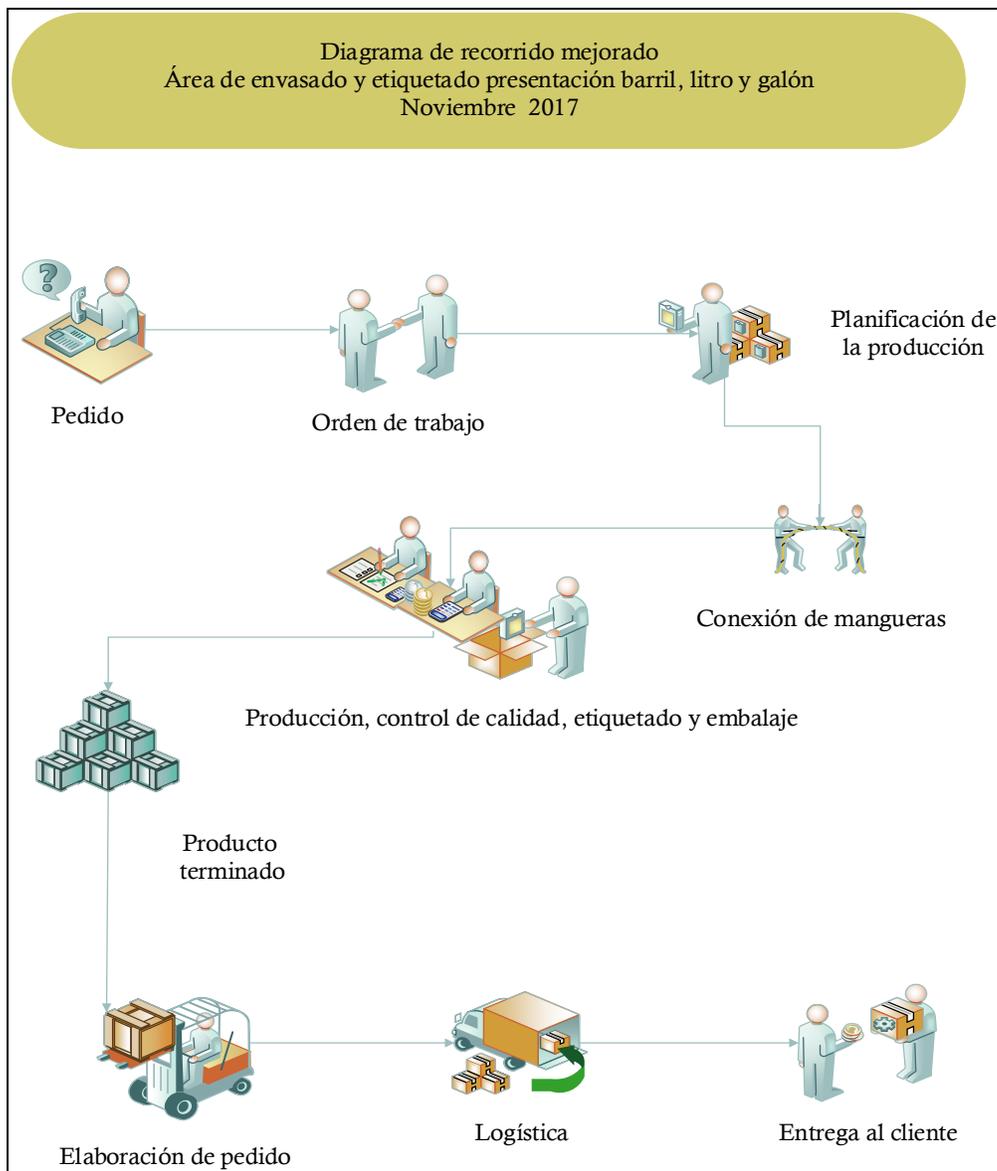
Figura 22. **Envasado de presentación de litro**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.8.5. Diagrama de recorrido mejorado

Figura 23. Recorrido de las operaciones en el área de envasado y etiquetado



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

3.9. Localización de los utensilios en las estaciones de trabajo

La localización correcta de los utensilios y herramientas en las estaciones de trabajo es de suma importancia, debido a que si las herramientas no se encuentran cerca se incurre en tiempos muertos y mermas de dinero. Por lo cual se recomienda utilizar cajas de herramientas portátiles, identificadas para facilitar las actividades a los colaboradores. Por otro lado, para mantener un registro de la herramienta se pueden realizar esporádicamente inspección y contabilización.

3.10. Plan de prevención de contaminación en la línea de producción

El plan de prevención de contaminación en la línea de producción consiste en:

- Clasificar los desechos: mantener separados todos los residuos en sus estaciones de trabajo, dotar al personal de criterio, conciencia y voluntad para saber distinguir la clasificación de los mismos.
- Ordenar el área de trabajo: toda actividad se facilita cuando se sabe encontrar las herramientas y documentación a realizar, pues mantener ordenado contribuye a evitar malgastar tiempo buscando útiles o consumiendo tiempo en recordar dónde se dejó la herramienta la última vez que se utilizó.
- Limpieza continua: mantener un estricto control de la limpieza es tarea para el operador y jefe de producción, cada vez que se encuentre un punto de mejora, es útil compartirlo y consensuarlo para ver si es factible implementar la sugerencia.

- Estandarizar la limpieza: para que la mejora sea permanente, se debe evitar el desorden y la acumulación de suciedad en las operaciones. La empresa puede invertir tiempo en señalar normas internas como: mantener material únicamente para un turno, que se deposite y clasifique la basura en su lugar y que se mantenga la herramienta en orden. Lo principal es no esforzarse en vano, sino que los avances de limpieza y orden sean controles estrictos diarios y poco a poco se conviertan en instrucciones básicas para ejecutar el trabajo.
- Mantener la disciplina: fomentar la importancia de mantener las buenas prácticas del manejo de desechos es una tarea a la cual se le debe invertir tiempo, por lo que es imperativa la constante capacitación para mantener una retroalimentación y evitar olvidar la razón por la cual se realizan las actividades de limpieza. El orden y reciclaje son vitales para que todo el talento humano sepa los beneficios del buen manejo de desechos.

3.11. Capacitaciones y prevención de contaminación del medio ambiente

La industria petroquímica, para mejorar en la manipulación de desechos, primero debe enfocarse en tener un equipo de trabajo consiente y congruente con sus actos, y se debe trabajar arduamente para fomentar la prevención de contaminación del medio ambiente.

Puede implementar: distintas cápsulas de concienciación, como charla de 5 minutos, lecturas ambientales, presentaciones, documentales ambientales, noticias, entre otros. Para tener mejor control puede llevar registro de sus capacitaciones y realizar verificación de las mismas, realizando preguntas de

contenido explicado. Es necesario ser constante para que el personal logre controlar sus acciones y contribuir en el buen uso de los recursos sin necesidad de espectadores.

3.12. Decreto 68 – 96. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

El Decreto 68 - 96 tiene como objetivo regular y penalizar actividades públicas o privadas que tengan relación con el medio ambiente en Guatemala. Fue realizado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En el siguiente capítulo se desglosa la implementación de la propuesta, requisitos básicos para el reciclaje de barriles y tarimas, procedimiento para reciclaje de tarimas y barriles, propuesta para saneamiento de desechos, y formas de reutilización de barriles y tarimas.

4.1. Requisitos para el reciclaje de desechos

- Formar equipos de trabajo y nombrar a un responsable de las iniciativas de reciclaje.
- Estimar un lugar para la recolección, separación y almacenamiento de desechos.
- Establecer pasos para clasificar los desechos, en el caso de la industria petroquímica se reciclará barriles y tarimas.
- Estandarizar la forma de traslado de materiales reciclados, por ejemplo: en la industria petroquímica se puede trasladar las tarimas y barriles con el montacargas.
- Se debe informar y divulgar las metas y los estatus de reciclaje, de preferencia dejar constancia de las charlas y reuniones con los equipos de trabajo.

- Es importante que todas las empresas que pretenden incursionar en mejoras ambientales se familiaricen con las regulaciones ambientales de cada país. En la medida de lo posible, se debe considerar formar equipos de trabajo que lideren los proyectos de reciclaje, de preferencia estos deben conformarse con personas multidisciplinarias.

Se recomienda iniciar con pequeños proyectos ambientales, si la empresa en la que se desea implementar las mejoras ambientales cuenta con áreas de apoyo, tales como: innovación, desarrollo de productos, proyectos, calidad. Se puede utilizar los conocimientos de los equipos de trabajo como herramientas estratégicas.

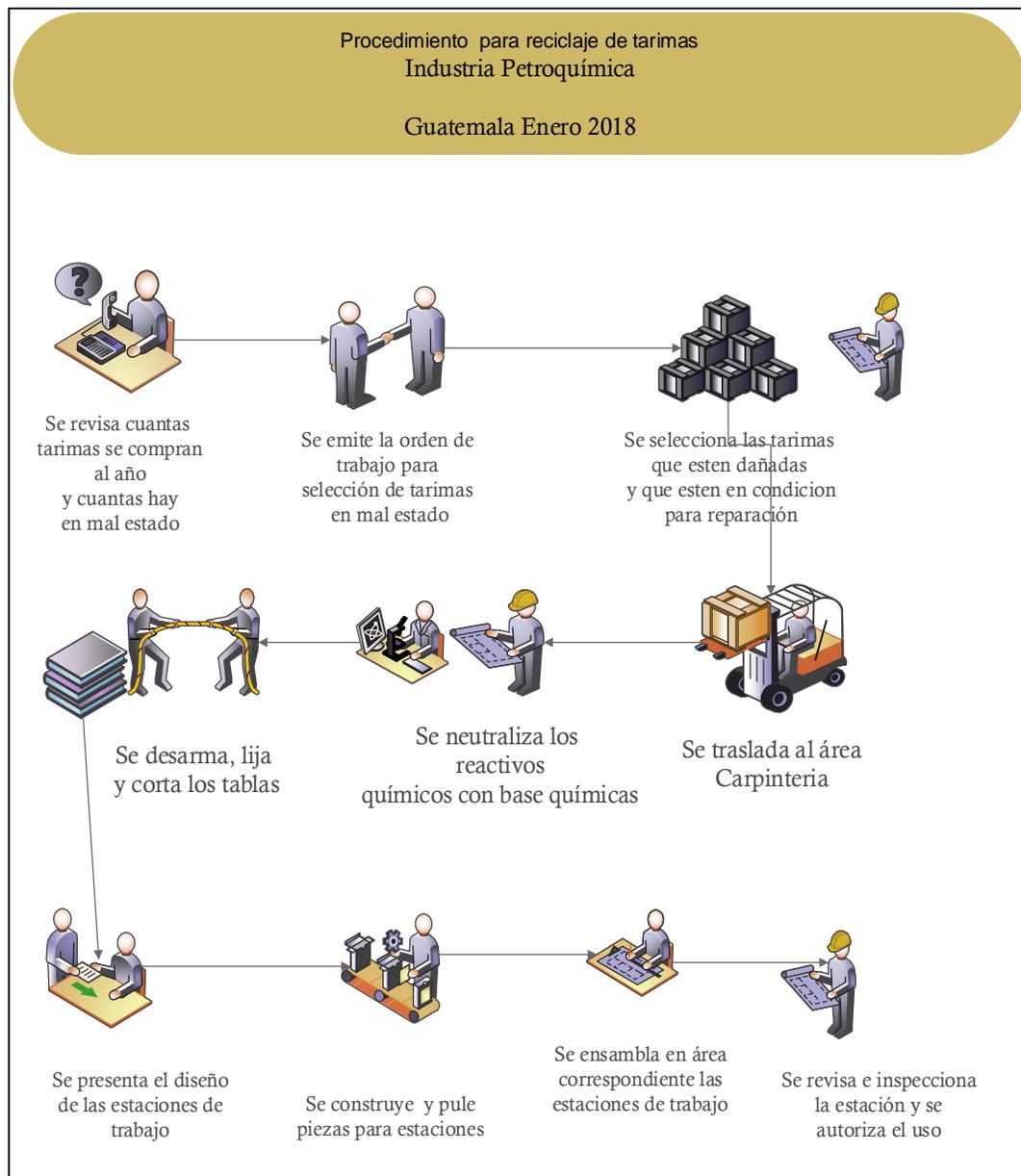
Es útil inspeccionar la empresa con los compañeros de trabajo, eso ayudará a tener una perspectiva más amplia y diversa, así como realizar mediciones de emisión de desechos con la información disponible de la empresa. Posterior a la medición es bueno realizar acuerdos y metas entre los equipos multidisciplinarios y designar un responsable de cada área, quien debe liderar las mejoras y rendir cuentas al equipo o comité de reciclaje.

4.1.1. Procedimiento para reciclaje de tarimas y barriles

Realizar el reciclaje de barriles y tarimas es una tarea compleja, pero con dedicación se pueden alcanzar resultados beneficiosos. A continuación se detalla la propuesta del procedimiento de reciclaje de tarimas dentro de las instalaciones de la industria petroquímica. Entre los pasos principales se encuentran: medir historial de compras de tarimas, emitir órdenes de trabajo para tareas de reciclaje, seleccionar tarimas, desarmar, lijar, presentar diseños de estaciones ergonómicas, ensamblar y revisar estaciones. Se debe mantener

el orden durante todas las operaciones, y es necesario llevar registros de control para guardar la trazabilidad de los materiales reciclados.

Figura 24. **Reciclaje de tarimas**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

4.1.2. Procedimiento para reciclaje de barriles de acero al carbón

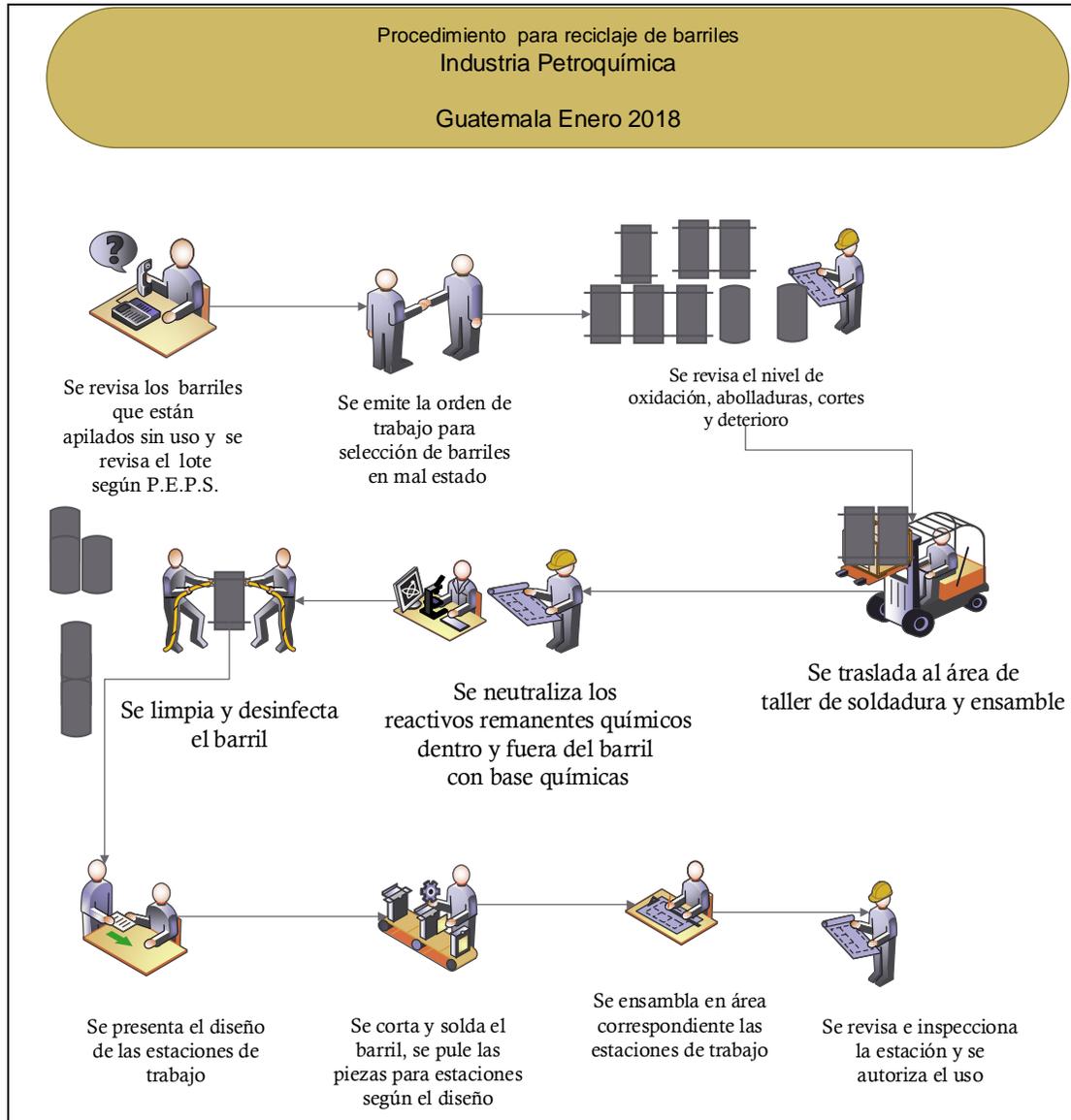
Para todas las industrias es un reto reciclar cualquier tipo de material, considerando que en Guatemala la cultura de reciclaje se encuentra creciendo paulatinamente. Es una meta alta pero con esfuerzo los resultados serán satisfactorios.

Para erradicar esta problemática es necesario: la promoción de conciencia ambiental, acompañada de integridad individual, debido a que no se le puede dar acompañamiento a cada colaborador, para cerciorarse de que sí se cumpla con el reciclaje. Se puede dar inducciones con temas generales como: beneficios del reciclaje, capacitaciones de mejora continua en reciclaje, tipos de reciclaje. Por último, esta capacitación debe ser acompañada por su respectiva medición de retroalimentación, en formación y en puesta en práctica evidenciándose en mejoras de reciclaje dentro de la industria petroquímica.

Se debe priorizar la inclusión de opinión de la fuerza laboral, debido a que puede aportar en gran cantidad, e ideas para la mejora en el manejo, administración, manipulación y reciclaje de residuos sólidos. También se puede brindar a los colaboradores que participen en las iniciativas de reciclaje: promociones, premios o reconocimientos por la contribución de los esfuerzos brindados. Esto puede aumentar la satisfacción e involucramiento del talento humano.

A continuación se detalla el procedimiento a realizar en las actividades de reciclaje de barriles de acero al carbón:

Figura 25. Reciclaje de barriles



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

4.1.2.1. Selección de desechos sólidos para inicio de reciclaje

Se debe considerar dos aspectos muy importantes para la selección de desechos sólidos: el primero es determinar qué recurso se está desaprovechando o cuál es el que está causando más daño al medio ambiente.

Dicho de otra forma, para seleccionar un desecho se debe especificar a cuál recurso se le destinará trabajo para restaurar y disminuir los daños. En el caso de la industria petroquímica, la selección de desechos sólidos es específica para los barriles de acero al carbón que se encuentren oxidados, abollados, así como para tarimas de madera rota y desgastada.

El reciclaje se basa en dar un giro al uso de un material o residuos de productos que ya se han utilizado y que en su origen de fabricación cumplían necesidades diferentes, el propósito es evitar la producción y explotación de recursos de materias primas. Uno de los mayores beneficios es que logra disminuir acumulación de basura y se contribuye con la salud del planeta Tierra.

4.1.2.2. Metodología para saneamiento de desechos sólidos

La metodología para saneamiento consiste básicamente en la disposición correcta de desechos para evitar desde un inicio la mezcla y contaminación cruzada. En esta metodología se incluye la limpieza con agua y jabón, separación y clasificación de materiales, lo cual coadyuva al saneamiento, y también se puede utilizar la esterilización con el vapor húmedo.

La esterilización con vapor húmedo contribuye a eliminar microorganismos, a través de un proceso físicoquímico que contribuye a eliminar cualquier forma de vida microbiana, incluyendo a las bacterias. El vapor húmedo aniquila bacterias a través de la coagulación de sus proteínas celulares. El principal método de esterilización que emplea calor húmedo es la esterilización por vapor a presión. Existen otros métodos de descontaminación que emplean este tipo de calor, los cuales, aunque no permiten la destrucción total de los microorganismos, disminuyen la carga microbiana que posee un material. Entre estos métodos se puede citar:

- Tindalización (esterilización por partes). Técnica utilizada para esterilizar que consiste en aumentar la temperatura de un cuerpo. Se eleva entre 60 y 100 °C consecutivamente durante un período de 24 horas. Con ello se elimina la vida de los microorganismos sin alterar la composición química del material.
- Agua hirviendo
- Pasteurización
- Olla de presión

El vapor húmedo penetra e incursiona los cuerpos más rápido que el vapor y calor seco, porque las moléculas de agua son mejor conducidas por el aire.⁹

4.1.2.3. Reutilización de barriles y tarimas

Para reutilizar un recurso lo imprescindible es la imaginación y dedicación que se le invierta. Existen muchas ideas que se pueden emplear para dar un

⁹ *Química*. net/www.quiminetarticuloslaesterilizaciónporcalorhumedo.com/. Consulta: 20 de febrero de 2017.

giro a la vida útil de un material, el límite está dentro de cada ser humano. Se debe procurar que el reciclaje sea a un costo accesible, algunos ejemplos que se pueden emplear con las tarimas de madera podrían ser: muros ecológicos, bases de cama, escritorios para computadoras, comedores, sillas, estanterías, pérgolas, bases para sofá, pisos ecológicos. No obstante, los barriles de acero al carbón también se pueden desarmar, cortar, soldar y ser utilizados en distintas formas. Al brindarles una desinfección y saneamiento estricto, pueden servir como muebles de sala, estanterías, archivos, macetas ecológicas, asadores, techos de parada de buses, muros, mesas de centro, buzones, sillas o roperos.

Al momento de reciclar es recomendable tener un centro de acopio aislado del área productiva, señalizado con flechas de evacuación, instrucciones básicas para ingresar al área. Es necesario contar con arena para absorber derrames en caso de emergencia y tener disponibles extintores ABC, ya que los mismos combaten incendios de materiales sólidos, por ejemplo: papel, cartón, catalogados en el clase A, clase B como líquidos inflamables, aceites vegetales o productos derivados del petróleo, clase C como productos derivados del butano. El fuego tipo C tiene relación directa con electrodomésticos.

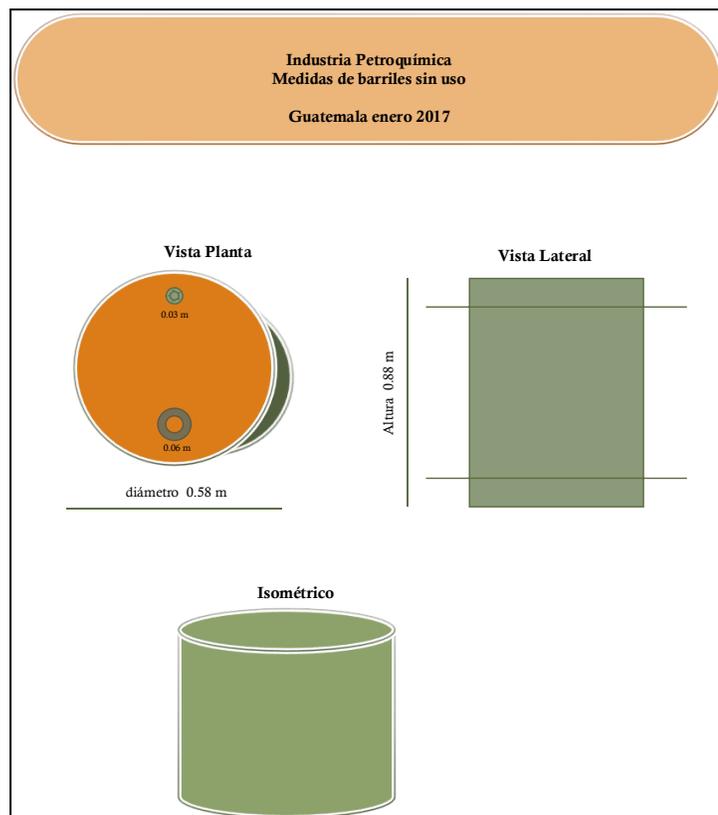
4.2. Medidas de estaciones de trabajo ergonómicas

A continuación se presentan algunos principios ergonómicos básicos, para el diseño de las estaciones de trabajo:

- La altura de brazo: el operador debe tener el suficiente espacio para poder movilizarse sin restricciones.

- La altura de hombros: los paneles de control y herramientas de monitoreo y ajuste deben estar situados entre la cintura y hombros.
- Altura de brazos: los objetos de uso frecuente deben estar lo más cercanos al cuerpo humano, el brazo no debe estar estirado.
- Longitud de piernas: el usuario de la estación ergonómica debe tener espacio para poder estirar las piernas y tener respaldo para descansar, pues debe evitar dejar las piernas colgando sin soporte.

Figura 26. **Medidas de barriles de acero al carbón**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

En la figura 26 se detallan las medidas de barriles que pueden aprovecharse en la fabricación de estaciones ergonómicas.

4.3. Tiempo para fabricación de estaciones de trabajo

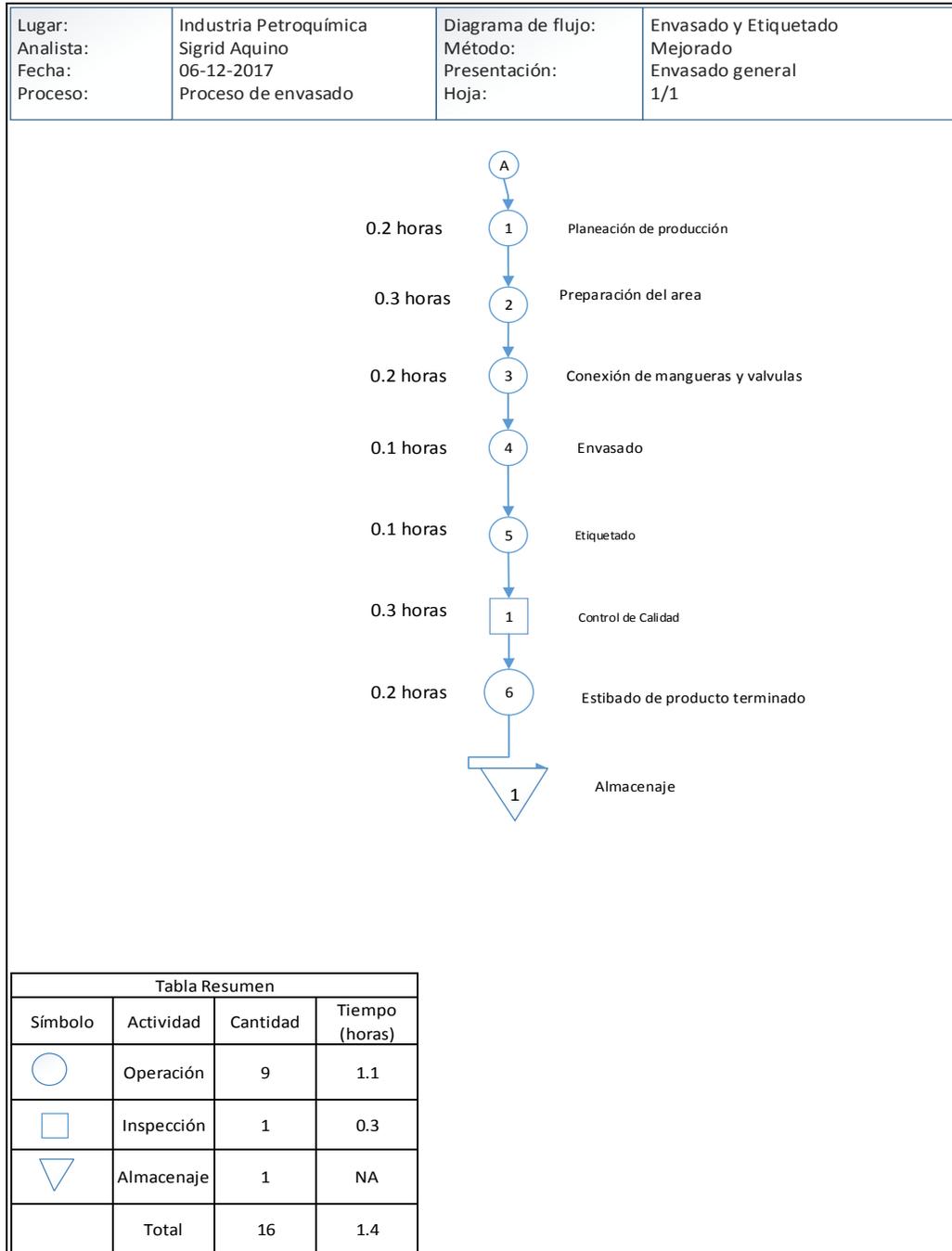
El tiempo de fabricación de estaciones de trabajo depende directamente de los recursos que la empresa invierta. Una opción puede emplearse de la siguiente forma en 8 semanas:

- Semana de inspección
- Semana de reciclaje
- Semana de saneamiento
- Semana de elaboración de estaciones
- Semana de ensamble
- Semana capacitación
- Semana de auditoria interna
- Semana de auditoria externa

4.4. Diagrama de flujo mejorado

El diagrama de flujo mejorado en las industrias se obtiene analizando y simplificando actividades repetitivas o largas. El tener tareas delimitadas y simples ayuda a la disminución de errores en las operaciones en general.

Figura 27. Diagrama de flujo mejorado

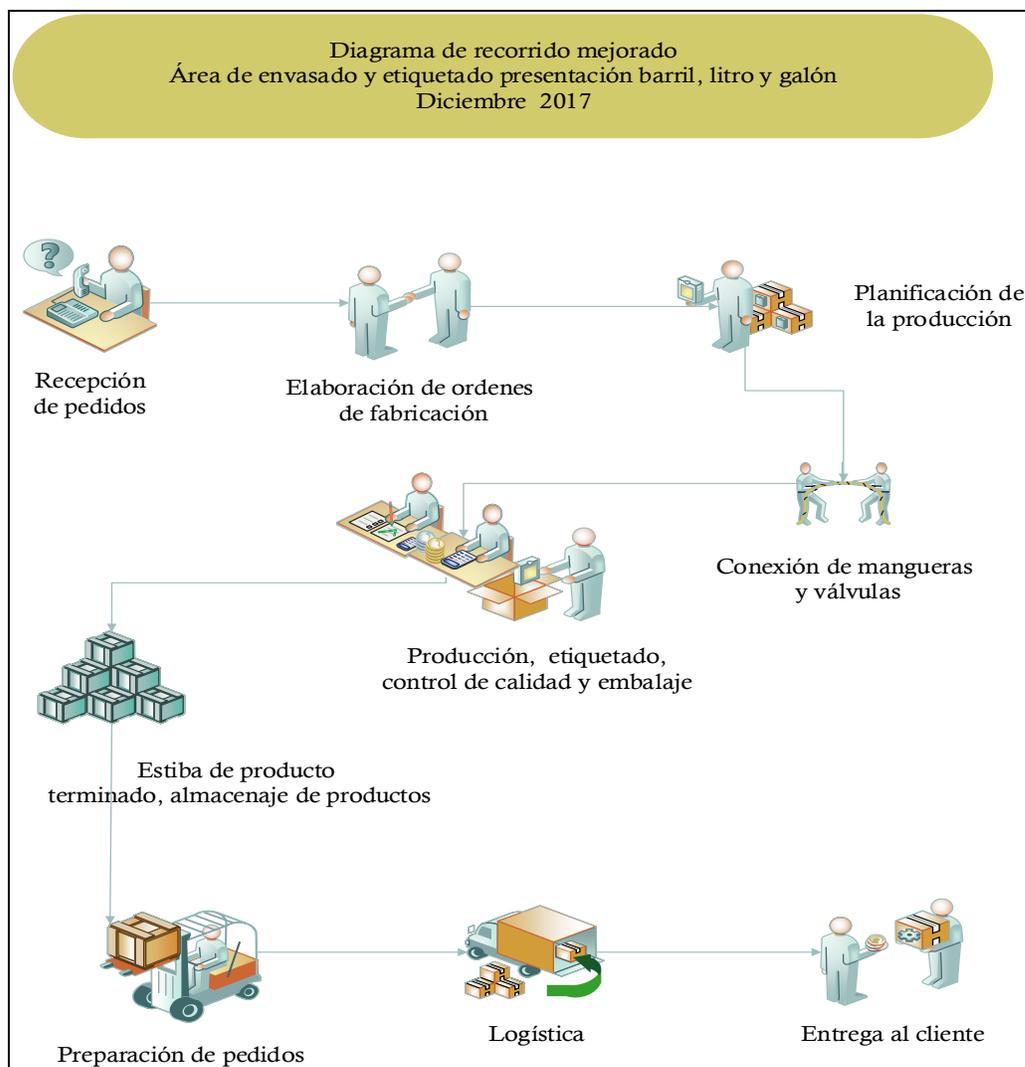


Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

4.5. Diagrama de recorrido mejorado

A continuación se detalla el diagrama de recorrido mejorado en las líneas de envasado y etiquetado de la industria petroquímica.

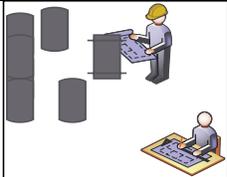
Figura 28. Diagrama de recorrido de área de envasado y etiquetado



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

4.6. Diagrama bimanual de envasado y etiquetado de barriles

Tabla XVIII. Diagrama bimanual

Diagrama Bimanual		Resumen								
		Actividad	Mano Izquierda	Mano Derecha						
Diagrama Num. 1	Hoja No. 1 de 1	Operación ○	8							
		Transporte ⇨	3							
Actividad: Envasado y etiquetado de barriles		Demoras D								
		Almacenamiento ▽								
Metodo : Actual										
Lugar : Industria Petroquímica										
Operario (s) : 2										
Fecha : Agosto 2017										
Compuesto por: Sigrid Aquino										
Aprobado por: Jefe de Producción										
		Simbolo Mano Izquierda		Simbolo Mano Derecha						
Descripción mano derecha	○ ⇨ D	▽	○ ⇨ D	▽	Descripción mano izquierda					
Determinar la cantidad de producto	●				Llenar orden de trabajo					
Revisar conexión	●				Se conecta la línea de envasado					
Revisar calibración de báscula	●				Colocar masa patrón en 4 puntos					
Trasladar barriles a bodega de producción	● ⇨				Trasladar barriles a bodega de produ					
Se inspecciona los barriles	●				Colocar etiqueta					
Subir el barril al transportador	● ⇨				Colocar tierra física y tara del barril					
Se ingresa el barril a llenadora,										
					Se abre válvula de envasadora y abrir válvula de aire					
Revisar tara del envase junto con el peso del producto y la altura del líquido en el primer barril.	●				Iniciar envasado de solvente					
Esperar llenado					Esperar llenado					
					Cerrar válvula de aire y cerrar válvula de envasadora.					
Se asegura que estén apretados un tapón es de 2" y el otro de ¾"	●				Sale barril lleno y se colocan tapones con rosca.					
Revisar colocación de sello	●				Colocar sellos de seguridad					
Se entarima barriles.	●				Se entarima barriles.					
Trasladar tarima de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.	● ⇨				Trasladar tarima de estación de envasado hacia el tramo correspondiente.					
Almacenar producto terminado					Almacenar producto terminado					
Total		8	3	2	1	9	3	2	1	

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

4.7. Gráficos de control

Los gráficos de control de la industria petroquímica sirven como herramienta de medición, al mostrar los resultados de reciclaje de tarimas y barriles en un rango determinado de tiempo.

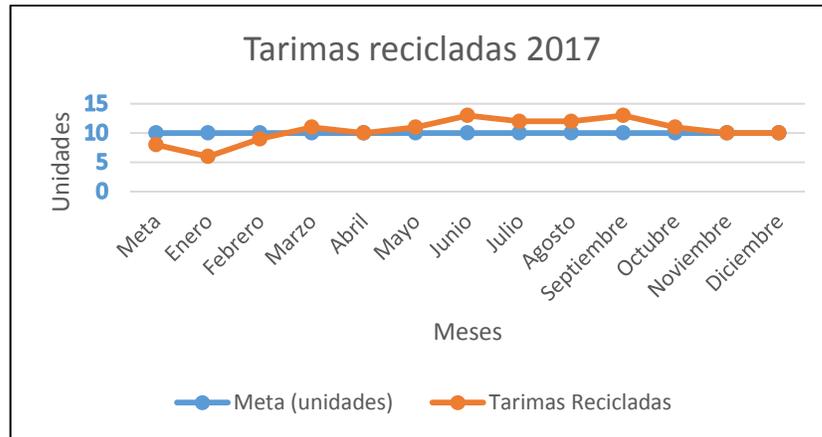
En las tablas XIX y XX se despliega la información recabada de tarimas y barriles reciclados, respectivamente. Por su parte, en las figuras 28 y 29 se muestran las gráficas de tarimas y barriles reciclados, respectivamente.

Tabla XIX. **Tarimas recicladas**

Tarimas recicladas 2017	Meta (unidades)	Tarimas recicladas
Meta	10	8
Enero	10	6
Febrero	10	9
Marzo	10	11
Abril	10	10
Mayo	10	11
Junio	10	13
Julio	10	12
Agosto	10	12
Septiembre	10	13
Octubre	10	11
Noviembre	10	10
Diciembre	10	10

Fuente: elaboración propia, recolección de datos de industria petroquímica, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Figura 29. Tarimas recicladas



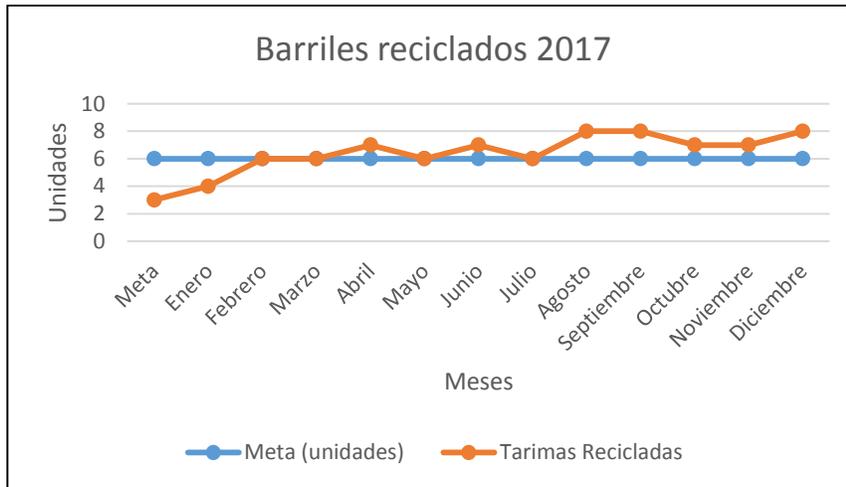
Fuente: elaboración propia, recolección de datos de industria petroquímica, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla XX. Barriles reciclados

Barriles reciclados 2017	Meta (unidades)	Tarimas Recicladas
Meta	6	3
Enero	6	4
Febrero	6	6
Marzo	6	6
Abril	6	7
Mayo	6	6
Junio	6	7
Julio	6	6
Agosto	6	8
Septiembre	6	8
Octubre	6	7
Noviembre	6	7
Diciembre	6	8

Fuente: elaboración propia, recolección de datos de industria petroquímica, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Figura 30. **Barriles reciclados**



Fuente: elaboración propia, recolección de datos de industria petroquímica, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

4.7.1. **Check-list para control de envasado y etiquetado**

El *check-list* a utilizar permite identificar necesidades de abastecimiento de insumos y materiales a consumir, así como anticiparse y prever riesgos por no contar con las herramientas adecuadas para realizar la tarea, verificar la disposición de recipientes que almacenen los desechos generados, gestionar la disponibilidad de equipo de protección personal para realizar la tarea, todo ello con el fin de obtener un ambiente ordenado en el área de trabajo.

Tabla XXI. **Control de envasado y etiquetado**

Industria Petroquímica Check-list control envasado y etiquetado		
Fecha:	20 de agosto 2017	
Nombre de Operador:	Luis Eduardo García Ramos	
Instrucciones: Marque con una X la respuesta, antes de realizar el trabajo: revise cumplir con los siguientes requisitos, en caso contrario, abocarse a su jefe inmediato		
Condición de operación	SI	NO
Los utensilios a utilizar están en orden	X	
Tiene controlados los riesgos que ocasionan hacer uso de esos utensilios	X	
Tiene los insumos y materiales a utilizar en orden	X	
Las herramientas de trabajo son las adecuadas	X	
Tiene conocimiento y está capacitado para realizar la tarea	X	
Conoce la salida de emergencia	X	
Tiene el EPP necesario para realizar la tarea	X	
Conoce el manejo de productos químicos y hojas de seguridad	X	
Su equipo cuenta con guarda de seguridad	X	
Tiene a su disposición recipientes clasificado para los desechos generados	X	
Observaciones: El área de trabajo cumple con los requisitos.		

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

4.7.2. Balance de líneas

El balance de líneas se utiliza para determinar la cantidad de estaciones necesarias de trabajo, para mantener un equilibrio en las líneas de producción.

La industria petroquímica debe reforzar controles para mantener equilibradas las cargas de trabajo en las líneas de envasado y etiquetado, el

objetivo es estandarizar e igualar tiempos de operaciones en las estaciones del proceso, esto implica un estudio juicioso de datos e historiales de producción, y no está demás mencionar que alcanzar mejoras podría llevar a inversiones de carácter económico.

En resumen, se debe estudiar todos los atrasos y limitantes para su respectiva gestión y tratamiento. También debe asegurarse aprovisionamiento de recursos, personas, equipos y materiales.

Tabla XXII. **Datos de operaciones**

Demanda diaria por presentación		
75	Barriles	
55	Galones	
500	Litros	
Tiempo disponible de operación		
Turno	9 horas diurno = 540 minutos	
	540	
Tiempos perdidos en operación	Minutos	
Mantenimiento correctivo no programado	35	
Pruebas	19	
Cambio y ajuste	38	
Falta de personal	53	
Perdidas por reproceso	37	
Total de tiempo perdido	182	
Tiempo aprovechable de operación		
Minutos	358	
Eficiencia E		
E	0.66	66,30 %

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla XXIII. **Tiempos de fabricación**

Tiempo de fabricación de un barril	Minutos	Tasa de producción (TP) barril	75 barriles /540 min		
Tiempo de preparación de línea barril	12,84		0,139	unidades barril/minuto	
Tiempo de fabricación de 1 barril	5,91				
Tiempo de corrida 1 barril	18,75				
Tiempo de fabricación de 10 unidades barriles	71,94				
Tiempo estándar barril	7,19				
Tiempo de fabricación de un galón	Minutos	Tasa de producción (TP) galón	55 galones/540 min		
Tiempo de preparación de línea galón	30		0,102	unidades galones/minuto	
Tiempo de fabricación de 1 galón	5,18				
Tiempo de corrida 1 galón	35,18				
Tiempo de fabricación de 10 unidades barriles	81,8				
Tiempo estándar galón	8,18				
Tiempo de fabricación de un litro	Minutos	Tasa de producción (TP) litro	500 unidades litro/540 min		
Tiempo de preparación de línea barril	28		0,926	unidades/minuto	
Tiempo de fabricación de 1 barril	5,1				
Tiempo de corrida 1 barril	33,1				
Tiempo de fabricación de 10 unidades barriles	79				
Tiempo estándar litro	3,31				

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Tabla XXIV. Balance de líneas

Tasa de producción (TP)			
TP = Unidades a producir / tiempo disponible de operación			
Número total de operarios por operación			
(No. Óp.) = (Tiempo estándar TE * Tasa de producción TP)/Eficiencia empleada E			
No. Total de operadores envasado de barriles	$(7.194 \cdot 0.0.139) / 0.66$	1,51	2 Operadores
No. Total de operadores envasado de galón	$(8.18 \cdot 0.0.139) / 0.66$	1,26	1 Operadores
No. Total de operadores envasado de litros	$(3.31 \cdot 0.0.139) / 0.66$	4,62	5 Operadores
Tiempo asignado TA (operación más lenta)			
TA= (Tiempo estándar TE) / (Número total de operarios por operación (No. Óp.)			
TA Barriles	$(7.194 \text{ minutos-barril}) / 2 \text{ operarios}$	3,60	2
TA Galones	$(8.18 \text{ minutos-galón}) / 2 \text{ operarios}$	4,09	2
TA Litro	$(3.31 \text{ minutos}) / 5 \text{ operarios}$	0,66	5
Operación más lenta, envasado de 4.09 minutos/ galones-operario			
Unidades a producir por día			
Unidades a producir por día = (Número de operarios*tiempo disponible)/Tiempo asignado TA			
Unidades barril a producir por día		$(2 \text{ operarios} \cdot 540 \text{ minutos}) / (3,60)$	300
Unidades galones a producir por día		$(2 \text{ operarios} \cdot 540 \text{ minutos}) / (4,09)$	264
Unidades litros a producir por día		$(5 \text{ operarios} \cdot 540 \text{ minutos}) / (0,66)$	4 079
Calculo de eficiencia			
Eficiencia = (Tiempo estándar)/(Tiempo asignado operación más lenta)*(Número total de operarios)			
Eficiencia barriles		$= 7.19 / (4.09 \cdot 2)$	88 %
Eficiencia galones		$= 8.18 / (4.09 \cdot 2)$	100 %
Eficiencia de litros		$= 3.31 / (4.09 \cdot 2)$	40 %

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se detallan las bases legales, planes de seguimiento y desarrollo sostenible, así como la gestión de desarrollo de conciencia social ecológica, causas de deforestación, alianzas ambientales en la industria y temas relacionados al impacto ambiental en Guatemala.

El estudio de evaluación de impacto ambiental es supervisado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. En su página principal está disponible un documento guía de términos de referencia dirigido al público interesado, con el formato DVGA-GA-008 ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA, el cual detalla los pasos a seguir para presentar la documentación que conforma el estudio de evaluación de impacto ambiental.

Tabla XXV. Estudio de evaluación de impacto ambiental

CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
A	5.6.2.3	Movilización de transporte y frecuencia de movilización	Rutas de movilización de la maquinaria y el equipo a utilizar, así como las características de las vías por las que serán movilizadas, incluyendo un mapa con las rutas cuando sea necesario y las frecuencias de movilización.
A, B1	5.6.3	Fase de operación	Incluye un listado del equipo y maquinaria que se utilizará durante la operación en las actividades mencionadas en el numeral 4.4.1
A, B1	5.6.3.1.	Infraestructura a desarrollar	Detallar toda la infraestructura a construir en esta fase y el área que ocupará la misma en el sistema métrico decimal.
A, B1	5.6.3.2	Equipo y maquinaria utilizada	Listado de la maquinaria y equipo a utilizar en la fase de construcción, en las actividades mencionadas anteriormente
A	5.6.3.3	Flujo vehicular y frecuencia de movilización esperado	Indicar las rutas a utilizar y frecuencia de movilización de vehículos generadas por la operación del Proyecto. Indicar si las rutas de emergencia pueden ser afectadas.
	5.7	Servicios básicos	
A, B1	5.7.1.	Abastecimiento de Agua	Definir la forma de abastecimiento de agua (cantidad de agua a utilizar (m ³ /día o m ³ /mes), como caudal promedio, máximo diario y máximo hora, la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará (industrial, riego, potable, otros usuarios etc.)

Continuación de la tabla XXV.

A, B1	5.7.2	Drenaje de aguas servidas y pluviales	Indicar el tipo de drenaje de aguas servidas y pluviales (metros lineales, volumen u otros) y las conexiones necesarias, así como la disposición final de las aguas residuales y pluviales.. Explicar brevemente cómo se solucionará el tema del tratamiento de las aguas residuales. Incluir la descripción del o los sistemas de tratamiento, así como los planos necesarios firmados por profesional competente.
A, B1	5.7.3.	Energía eléctrica	Definir la cantidad a utilizar (KW/hora o día o mes), fuente de abastecimiento y uso que se le dará.
A, B1	5.7.4.	Vías de acceso	Detallar las vías de acceso al proyecto, obra, industria o actividad, y el estado actual de las mismas.
A	5.7.5.	Transporte público	Identificar las necesidades de transporte público a ser generadas por el proyecto, obra, industria o actividad y describir las rutas de transporte existentes.
A, B1	5.7.6.	Otros	Mencione otros servicios necesarios para el proyecto, obra, industria o actividad.
A, B1	5.7.7.	Mano de obra	
A, B1	5.7.7.1.	Durante construcción	Presentar un estimado de la generación de empleo directo por especialidades, así como la procedencia, en caso de no contar con suficiente mano de obra local.
A, B1	5.7.7.2.	Durante la operación	Presentar un estimado de la generación de empleo directa por especialidades, así como la procedencia, en caso de no contar con suficiente mano de obra local.
A, B1	5.7.8.	Campamentos	Si el tipo de proyecto amerita contar con un campamento temporal, detallar aspectos sobre el mismo tales como: área a ocupar, número de personas, servicios a instalar, localización y otros.
A, B1	5.8.	Materia prima y materiales a utilizar	
A, B1	5.8.1.	Etapa de construcción y operación)	Presentar un listado completo de la materia prima y materiales de construcción a utilizar, indicando cantidades por día, mes, así como la forma de almacenamiento.
A, B1	5.8.2.	Inventario y manejo de sustancias químicas, tóxicas y peligrosas	Incluir un inventario de sustancias químicas, tóxicas o peligrosas, indicando grado de peligrosidad, elementos activos, sitio y forma de almacenarlo, aspectos de seguridad en el transporte y manejo y otra información relevante, según el proyecto.
A, B1	5.9.	Manejo y Disposición Final de desechos (sólidos, líquidos y gaseosos,)	
A, B1	5.9.1.	Fase de construcción	
A, B1	5.9.1.1.	Desechos Sólidos, líquidos (incluyendo drenajes) y gaseosos	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos sólidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o reusables, incluyendo métodos y lugar donde serán procesados.
A, B1	5.9.1.2.	Desechos tóxicos peligrosos	Incluir un inventario, el manejo y disposición final de los desechos peligrosos generados, como resultado de la construcción del proyecto, obra, industria o actividad.
A, B1	5.9.2.	Fase de operación	
CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
	5.9.2.1	Desechos Sólidos, líquidos (incluyendo drenajes) y gaseosos	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos sólidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o reusables, incluyendo métodos y lugar donde serán procesados.
A, B1	5.9.2.2.	Desechos tóxicos y peligrosos	Incluir un inventario, el manejo y disposición final de los desechos peligrosos generados, como resultado de la construcción del proyecto, obra, industria o actividad.

Continuación de la tabla XXV.

A, B1	5.10.	Concordancia con el plan de uso del suelo	El proyecto, obra, industria o actividad propuesta, se debe plantear conforme a la planificación de uso de suelo ya existente para el área de desarrollo, indicando si dicha planificación es local (Municipio), regional (grupo de municipios o cuenca hidrográfica) o nacional. Indicar si existiese plan de desarrollo para el área.
A, B1	6	DESCRIPCIÓN DEL "MARCO LEGAL (JURÍDICO)	Describir la normativa legal (regional, nacional y municipal) que fue considerada en el desarrollo del Proyecto o que aplica según la actividad de que se trate y necesaria para el aprovechamiento de los recursos naturales.
A, B1	7	MONTO GLOBAL DE LA INVERSIÓN	Exponer el monto de las erogaciones por compra de terrenos, construcción de instalaciones, caminos de acceso, obras de electrificación, agua potable y con fines industriales, compra de maquinaria y equipo, personal calificado y no calificado. Se debe indicar la vida útil del proyecto.
A, B1	8	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO	
A, B1	8.1.	Geología	
A	8.1.1.	Aspectos geológicos regionales	Describir aspectos de interés para la ubicación regional, (caracterización general del Proyecto, incluyendo mapas geológicos.) Presentar los mapas geológicos: a) contexto geotectónico; b) contexto estratigráfico y estructural regional, (los mapas incluidos deben presentarse a escala 1:10 000).
A, B1	8.1.2.	Aspectos geológicos locales	Describir las unidades geológicas, incluyendo las rocas como las de formaciones superficiales. Incluir descripción técnica básica y atributos geológicos fundamentales, así como niveles de alteración y sistemas de fracturas.
A, B1	8.1.3.	Análisis estructural y evaluación	Presentar un análisis de la estructura geológica de las unidades locales y una evaluación geotectónica básica del área del proyecto (geometría de las unidades, contactos, buzamientos, fallas, lineamientos, pliegues y otras). Presentar en un mapa a escala 1:10 000.
A,	8.1.4.	Caracterización geotécnica	Presentar una caracterización geotécnica de los suelos y formaciones superficiales, en función de la susceptibilidad a los procesos erosivos, características de estabilidad, capacidad soportante y permeabilidad.
A, B1	8.1.5.	Mapa geológico del Área del Proyecto (AP) y Área de Influencia Directa (AID)	Presentar un mapa del área, con indicación de los factores indicados (AP Y AID).
			Acompañar con perfiles y cortes geológicos explicativos, así como columnas estratigráficas que refuercen y clarifiquen el modelo geológico deducido para el terreno en estudio; asimismo, indicar los recursos del medio físico geológico que estén siendo utilizados en la zona (captación de manantiales, pozos, tajos, canteras y otros).
A, B1	8.2.	Geomorfología	
A, B1	8.2.1.	Descripción geomorfológico	Describir el relieve y su dinámica, para poder entender los procesos de erosión, sedimentación y de estabilidad de pendientes. Indicar si existen paisajes relevantes de alta sensibilidad a los impactos.
A, B1	8.3	Suelos	Caracterización de los suelos con vistas a la recuperación y/o rehabilitación de las áreas degradadas, que permitan evaluar el potencial de pérdida de suelos fértiles.
A, B1	8.4..	Clima	Descripción regional y local de las características climáticas (viento, temperatura, humedad relativa, nubosidad, pluviometría, etc.).
A, B1	8.5.	Hidrología	Presentar un estudio hidrológico regional o local, según el proyecto, ligado con el área de influencia directa del mismo (la información se presentará en un mapa hidrológico).

Continuación de la tabla XXV.

A, B1	8.5.1.	Aguas superficiales y subterránea	Presentar un mapa, ubicando los cuerpos de agua aledaños que puedan ser potencialmente afectados por el Proyecto (toma de agua, efluentes, modificación de cauce o ribera, etc.). e identificación y caracterización de mantos acuíferos aledaños al proyecto(AP), indicando la profundidad del manto freático y las condiciones en que se realizará
CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
A, B1	8.5.2	Calidad del agua	Presentar una caracterización bacteriológica y físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, que podrían ser directamente afectadas por el Proyecto, considerando los parámetros que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la implementación del proyecto, obra, industria o actividad, tales como: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales, en suspensión y disueltos, DQO, DBO, oxígeno disuelto, aceites y grasas, metales pesados, nitrógeno, sulfatos, cloro, flúor, coliformes totales, entre otros.
A	8.5.3	Caudales (máximos, mínimos y promedio)	Presentar datos de los caudales de los cuerpos de agua, que puedan ser modificados por las actividades del proyecto.
A	8.5.4.	Cotas de inundación	Presentar la frecuencia histórica de inundaciones en el sitio del Proyecto, con base en experiencia local e informes de las Autoridades correspondientes. En el caso que hubiere zonas inundables, se presentan dichas áreas de una manera gráfica.
A	8.5.5	Corrientes, mareas y oleaje	Cuando el proyecto se encuentra localizado en la zona costera, se deben presentar datos sobre la dinámica hídrica de dicha zona, incluyendo eventos máximos. La información debe ser presentada en forma gráfica y mapas.
A, B1	8.5.6.	Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas	Analizar la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por las actividades del proyecto.
A, B1	8.6	Calidad del aire	Presentar una caracterización general de la calidad del aire. En el caso de áreas urbanas considerar los parámetros que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la ejecución del proyecto, obra, industria o actividad.
A, B1	8.6.1	Ruido y vibraciones	Presentar una caracterización del nivel de ruidos y vibraciones en el área de estudio, respecto a áreas urbanas.
A, B1	8.6.2	Olores	Caracterización de los olores en el área de estudio, relacionados con características de viento y otros factores,
A, B1	8.6.3	Fuentes de radiación	Identificar las fuentes de radiación existentes y permisos para operación.
A, B1	8.7	Amenazas naturales	
A, B1	8.7.1	Amenaza sísmica	Indicar las generalidades de la sísmicas y tectónicas del entorno: fuentes sísmicas cercanas al área del proyecto, sismicidad histórica, magnitudes máximas esperadas, intensidades máximas esperadas, período de recurrencia sísmica, resultado de la amenaza con base en la aceleración pico para el sitio, periodos de vibración de sitio, micro zonificación en función del mapa geológico.
A, B1	8.7.2.	Amenaza volcánica	Indicar las generalidades de la sísmicas y tectónicas del entorno: fuentes sísmicas cercanas al área del proyecto, sismicidad histórica, magnitudes máximas esperadas, intensidades máximas esperadas, período de recurrencia sísmica, resultado de la amenaza con base en la aceleración pico para el sitio, periodos de vibración de sitio, micro zonificación en función del mapa geológico. Esta información deberá ser aportada por todos aquellos proyectos que se ubiquen dentro del radio de 30 Km. de distancia de un centro activo de emisión volcánica.
A, B1	8.7.3.	Movimientos en masa	Señalar las probabilidades de los movimientos gravitacionales en masa (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, reptación, etc.).

Continuación de la tabla XXV.

			Esta información deberá ser presentada por todos aquellos proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollen en terrenos con pendientes mayores al 15 %.
A, B1	8.7.4.	Erosión	Indicar la susceptibilidad del área a otros fenómenos de erosión (lineal, laminar).
A, B1	8.7.5.	Inundaciones	Hacer una definición de la vulnerabilidad de las zonas susceptibles a las inundaciones y en caso de zonas costeras a huracanes u otros.
A, B1	8.7.6	Otros	Señalar la susceptibilidad del terreno a fenómenos de licuefacción, subsidencias y hundimientos, inducidos naturalmente o potencializados por el proyecto. Señalar las áreas ambientalmente frágiles presentes en las colindancias del terreno.
A	8.7.7.	Susceptibilidad	Presentar un mapa que incluya las áreas de susceptibilidad a amenazas naturales, o de riesgo, incluyendo todos los factores mencionados anteriormente.
A, B1	9	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIÓTICO	Presentar las características biológicas del área de estudio en función del tipo de zona de vida.
A, B1	9.1.	Flora	Indicar gráficamente el área de cobertura vegetal del sitio afectado por el proyecto, obra, industria o actividad, como por ej: potrero, potrero con árboles dispersos, bosque secundario, bosque primario, manglar, pantanos, cultivos y otros. Indicar el estado general de las asociaciones vegetales, adjuntando un inventario forestal. Puede utilizar la metodología de cambio de uso del suelo.
CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
A, B1	9.1.1.	Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción	Presentar una lista de las especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción que se encuentren en el área del proyecto y el área de influencia directa, de conformidad con las listas oficiales (Listado CITES).
A, B1	9.1.2.	Especies indicadoras	Proponer una serie de especies locales que puedan servir como indicadoras de la calidad ambiental, con fines de monitoreo durante la fase de operación y cierre.
A, B1	9.2.	Fauna	Indicar las especies más comunes del área de estudio y proporcionar datos sobre abundancia y distribución local.
A, B1	9.2.1.	Especies de fauna amenazadas, endémicas o en peligro de extinción	Presentar una lista de las especies de esta categoría que se encuentren en el área de proyecto y el área de Influencia Directa, de conformidad con las listas oficiales (listado CITES).
A, B1	9.2.2.	Especies indicadoras	Proponer una serie de especies locales que puedan servir como indicadoras de la calidad ambiental, con fines de monitoreo.
A, B1	9.3.	Áreas Protegidas y Ecosistemas frágiles	Caracterizar los ecosistemas más importantes de la zona de estudio, especialmente aquellos que pudieran ser afectados por la ejecución del Proyecto. Presentar en un mapa de áreas silvestres, protegidas existentes y otras áreas de protección o ambientalmente frágiles.
A, B1	10	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	
A, B1	10.1.	Características de la población	Incluir datos sobre tamaño, estructura, nivel de educación, actividades económicas, tenencia de la tierra, empleo, indicadores de salud, censo poblacional, aspectos de género y otros de la población cercana al área de proyecto, así como sus tendencias, especialmente aquellas que pueden ser influidas por la ejecución del Proyecto, obra, industria o actividad.

Continuación de la tabla XXV.

A, B1	10.2.	Seguridad vial y circulación vehicular	Establecer las características actuales de la red vial, los niveles de seguridad y los conflictos actuales de circulación, presentar un análisis en función de la ejecución y operación del Proyecto, obra, industria o actividad.
A, B1	10.3.	Servicios de emergencia	Indicar la existencia y disponibilidad de servicios de emergencia, tales como: estación de bomberos, Cruz Roja, Policía, hospitales, clínicas y otros.
A, B1	10.4.	Servicios básicos	Indicar la existencia y disponibilidad de servicios básicos tales como: agua potable, alcantarillado y drenajes, electricidad, transporte público, recolección de basura, centros educativos, otros y que se relacionen con el proyecto.
A, B1	10.5.	Percepción local sobre el Proyecto	Plantear cuál es la percepción, actitudes y preocupaciones de los habitantes de la zona sobre la ejecución del Proyecto, obra, industria o actividad, y las transformaciones que pueda generar. (Según encuesta de opinión). Señalar los posibles conflictos que puedan derivar de la ejecución; así como el planteamiento del equipo consultor sobre la metodología utilizada para presentar y discutir el proyecto y sus alcances con respecto al medio social y en particular sobre las comunidades cercanas. Incluir el registro de dichas reuniones en el estudio de EIA.
A, B1	10.6.	Infraestructura comunal	Identificar la infraestructura comunal existente (caminos, puentes, centros educativos y de salud, parques, vivienda, sitios históricos, otros), que pueda ser afectada por el proyecto, obra, industria o actividad.
A	10.7.	Desplazamiento y/o movilización de comunidades	Contemplar de manera específica y detallada si el desarrollo del proyecto implica el desplazamiento de personas, familias o comunidades. Realizar un inventario poblacional y su opinión respecto a la situación que le plantea el proyecto.
A, B1	10.8	Descripción del ambiente cultural; valor histórico, arqueológico, antropológico, paleontológico y religioso	Identificar, señalar y caracterizar estos sitios en el Área de Influencia Directa y analizar el efecto del proyecto, obra, industria o actividad, sobre los mismos, en coordinación con las autoridades correspondientes, presentando la autorización respectiva.
A, B1	10.9.	Paisaje	Hacer una descripción de los valores recreativos, estéticos y artísticos del área (se recomienda, apoyarse con fotografías que muestren las condiciones existentes del área, los cuales pueden verse afectados por el proyecto, obra, industria o actividad propuesta.
A	10.10.	Áreas socialmente sensibles y Vulnerables	Presentar los datos sociológicos obtenidos, definiendo las áreas socialmente sensibles y vulnerables a los efectos del Proyecto (esta información debe apoyarse en mapas utilizando escala apropiada).
CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
A, B1	11	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	
A, B1	11.1.	Alternativas consideradas	Realizar una síntesis, que integre las alternativas consideradas como parte del diseño preliminar y su comparación, describiendo brevemente, los pasos y metodología que condujeron hasta la alternativa seleccionada.
A, B1	11.2.	Alternativa Seleccionada	Incluir una descripción técnica de las alternativas seleccionadas.
A, B1	12	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Debe incluirse matriz o conjunto de matrices utilizadas para la identificación y cuantificación de los impactos. (Lista de chequeo y Causa Efecto, entre otras)

Continuación de la tabla XXV.

A, B1	12.1.	Identificación y valoración de impactos ambientales	Aplicar una metodología convencional que confronte las actividades impactantes del proyecto, obra, industria o actividad, con respecto a los factores del Medio Ambiente que podrían ser afectados, y las valore, analizando las diferentes etapas del proyecto (construcción, operación y abandono).
A, B1	12.2.	Análisis de impactos	<p>Analizar los impactos ambientales que podrían afectar a:</p> <p>a) aire, b) suelo, c) subsuelo, d) aguas superficiales, e) aguas subterráneas, f) flora y fauna g) biotopos acuáticos y terrestres, h) medio socioeconómico, i) recursos culturales e históricos, j) paisaje, k) otros.</p> <p>Señalar la fuente generadora del impacto (descripción y análisis), y definir el conjunto de medidas preventivas, correctivas, de mitigación, de compensación, si se trata de un impacto negativo, o bien para optimizarlas si se trata de un impacto positivo.</p>
A, B1	12.3.	Evaluación de Impacto Social	Efectuar una evaluación de impacto social que estime las consecuencias sociales que altere el normal ritmo de vida de las poblaciones y que afecte la calidad de vida de sus habitantes.
A, B1	12.4.	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales	<p>Elaborar un resumen, indicando todos los impactos ambientales que producirá el proyecto, en sus diferentes etapas y el resultado de la valoración de la importancia del impacto ambiental, incluyendo aquellos impactos que generan efectos acumulativos.</p> <p>Hacer una comparación de la calificación de los impactos ambientales, en particular el balance entre los impactos negativos y positivos; y resumir cuáles son los impactos más importantes que producirá el Proyecto.</p>
A, B1	13	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL (PGA)	<p>Presentar un PGA, donde se expongan las prácticas a implementar para prevenir, controlar o disminuir impactos ambientales negativos y maximizar los impactos positivos significativos que se originen con el Proyecto, obra o actividad.</p> <p>Presentar como síntesis en forma de cuadro resumen, el PGA, que incluya: a) Variables Ambientales Afectadas, b) Fuente generadora del impacto, c) Impacto Ambiental propiamente dicho, d) Cita de la regulación ambiental relacionada con el tema, e) Medidas ambientales establecidas, f) Tiempo de ejecución de esas medidas, g) Costo de las medidas, h) Responsable de aplicación de las medidas, i) Indicador de desempeño establecido para controlar el cumplimiento, j) Síntesis del compromiso ambiental</p>
A. B1	13.1.	Organización del Proyecto y Ejecutor de las medidas de mitigación	Describir la organización que tendrá el Proyecto, tanto en la fase de construcción, como en operación, señalando para cada fase, él o los responsables de la ejecución de las medidas de mitigación.
A, B1	13.2.	Seguimiento y Vigilancia Ambiental (Monitoreo)	<p>Cómo parte del PGA, definir objetivos y acciones específicas del seguimiento y vigilancia ambiental, sobre el avance del plan conforme se ejecutan las acciones del Proyecto, obra o actividad, definiendo claramente, cuáles son las variables ambientales o factores a los que se les dará seguimiento (los métodos, tipos de análisis, y la localización de los sitios, puntos de muestreo y frecuencia de muestreo, institución responsable).</p> <p>El seguimiento y vigilancia ambiental debe incluir la etapa de construcción, operación y cierre o abandono, dependiendo de la complejidad y tipo del Proyecto y de la fragilidad ambiental del área donde se plantea ubicar.</p>
A, B1	13.3.	Plan de recuperación ambiental para la fase de abandono o cierre	Definir la etapa de abandono o cierre, una vez cumplidos sus objetivos presentar un plan que incluya las medidas que serán tomadas para recuperar el sitio del área del proyecto, estableciendo claramente el estado final del mismo una vez concluidas las operaciones, de tal forma que pueda ser corroborado.

Continuación de la tabla XXV.

CATEG.	No.	TEMA	ASPECTOS A CONSIDERAR
A, B1	14	ANÁLISIS DE RIESGO Y PLANES DE CONTINGENCIA	Elaborar un análisis de las probabilidades de exceder las consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular. Indicar vulnerabilidad de los elementos expuestos y el riesgo que puede ser provocado por el hombre, o la naturaleza.
A, B1	14.1.	Plan de contingencia	Presentar medidas a tomar como contingencia o contención en situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad, y/o situaciones de desastres naturales, en el caso que dichos proyectos, obras, industrias o actividades se encuentren en áreas frágiles o que por su naturaleza representen peligro para el medio ambiente o poblados cercanos, así como los que sean susceptibles a las amenazas naturales. (Planes contra riesgo por sismo, explosión, incendio, inundación o cualquier otra eventualidad.)
	15	ESCENARIO AMBIENTAL MODIFICADO POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD	Presentar un análisis general de la situación ambiental del Área de Proyecto previo a la realización del proyecto, y el Área de Influencia como consecuencia del desarrollo del mismo.
A, B1	15.1.	Pronóstico de la calidad ambiental del Área de Influencia.	Con base en la situación ambiental actual del Área de Influencia del mismo, realizar un análisis de la calidad ambiental que tendrá el área de influencia a partir de la implementación del Proyecto, tomando en cuenta las medidas a aplicar tanto dentro del ámbito del Proyecto, como de sus efectos acumulativos.
A, B1	15.2.	Síntesis de compromisos ambientales, medidas de mitigación y de contingencia	Presentar en un cuadro, un resumen de los compromisos ambientales establecidos en el PGA y del análisis de riesgo y de contingencia, estableciendo los lineamientos ambientales que regirán el desarrollo del proyecto en sus diferentes fases, en función de los factores ambientales.
A, B1	15.3.	Política Ambiental del Proyecto	Como síntesis de las medidas de mitigación propuestas, resumir la Política Ambiental que deberá regir al Proyecto durante toda su ejecución, incluyendo como mínimo su objetivo, alcances, el compromiso con el mejoramiento continuo, control y seguimiento ambiental y la buena relación con las comunidades vecinas.
A, B1	16	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Presentar un listado de toda la bibliografía (libros, artículos, informes técnicos y otras fuentes de información) citada en los diferentes capítulos del Estudio de EIA (referencias bibliográficas completas y siguiendo los procedimientos convencionales de citado bibliográfico: autor(es), año, título, fuente en que se encuentra, número de páginas, y ciudad de publicación o edición.
A, B1	17	ANEXOS	Los anexos deben estar numerados y debidamente referenciados en el texto.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. www.marn.gob.gt. Consulta: 25 de octubre de 2017.

5.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

“El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la entidad del sector público en Guatemala especializada en materia ambiental y servicios

naturales del sector público. A esta entidad le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza, protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo institucional, económico, social, ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.”¹⁰

5.1.1. Bases legales

Las bases que se consideran para el desarrollo de actividades industriales que tengan contacto con el medio ambiente se detallan a continuación, tomando como referencia el Decreto 68-86 del Congreso de la República: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

5.1.2. Decreto 68-86 del Congreso de la República: Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente

A continuación se detallan algunos artículos de la Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente:

“Artículo 1. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

¹⁰ MARN. <http://www.marn.gob.gt/>. Consulta: septiembre de 2016.

Artículo 2. La aplicación de esta ley y sus reglamentos compete al Organismo Ejecutivo por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, cuya creación, organización, funciones y atribuciones, establece la presente ley.

Artículo 3. El Estado destinará los recursos técnicos y financieros para el funcionamiento de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Artículo 4. El Estado velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Artículo 5. La descarga y emisión de contaminantes que afecten a los sistemas y elementos indicados en el artículo 10 de esta ley, deben sujetarse a las normas ajustables a la misma y sus reglamentos.

Artículo 6. El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio de desperdicios contaminantes del medio ambiente o radiactivos. Aquellos materiales y productos contaminantes que esté prohibida su utilización en su país de origen no podrán ser introducidos en el territorio nacional. * Reformado por el Artículo 1 del Decreto Del Congreso Número 75-91 el 23-11-1991.

Artículo 7. Se prohíbe la introducción al país, por cualquier vía, de excrementos humanos o animales, basuras domiciliarias o municipales y sus derivados, cienos o lodos cloacales, tratados o no, así como desechos tóxicos provenientes de procesos industriales, que contengan sustancias que puedan infectar, contaminar y/o degradar al medio ambiente y poner en peligro la vida y la salud de los habitantes, incluyendo entre él las mezclas o combinaciones químicas, restos de metales pesados, residuos de materiales radiactivos, ácidos

y álcalis no determinados, bacterias, virus, huevos, larvas, esporas y hongos zoo y Fito patógenos.

Artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q.5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla. * Adicionado último párrafo por el Artículo 1 del Decreto Del Congreso Número 1-93 el 05-03-1993.

Artículo 9. La Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente está facultada para requerir de las personas individuales o jurídicas, toda información que conduzca a la verificación del cumplimiento de las normas prescritas por esta ley y sus reglamentos.

Artículo 10. El Organismo Ejecutivo por conducto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizará la vigilancia e inspección que considere necesarias para el cumplimiento de la presente ley. Al efecto, el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos, objeto de dicha

vigilancia e inspección, siempre que no se tratare de vivienda, ya que de ser así deberá contar con orden de juez competente”.¹¹

5.1.3. Pacto ambiental Guatemala 2016-2020

El pacto ambiental Guatemala 2016- 2020 es un diálogo abierto entre el sector empresarial, que busca mitigar el deterioro ambiental y persigue el camino hacia el desarrollo sostenible. Este logró generar confianza entre distintas empresas abriendo la brecha en conciencia en temas como: cuidar el agua, proteger la biodiversidad, disminuir la deforestación, y busca también una mejor administración de desechos. El pacto ambiental se originó como respuesta a la crisis y decaimiento del patrimonio natural guatemalteco, ocasionado por la división política, económica y cultural.

5.2. Planes de seguimiento y desarrollo sostenible

Alcanzar el desarrollo sostenible es una tarea ardua, pero con esfuerzo se obtiene. Un seguimiento de desarrollo puede emplearse de distintas formas: una de ellas puede ser cimentar los valores de la mejora continua. Se debe evitar la compra y consumo injustificado, y poder discernir qué elemento es necesario y cuál no, lo cual contribuye con la disminución de acumulación de basura. Utilizar aparatos eléctricos, que consuman menos energía eléctrica, también es una forma de aplicar actividades sostenibles con el medio ambiente. Evitar el abuso de aire acondicionado y calefacción puede contribuir en alcanzar mejoras, por otro lado, tratar de aprovechar la luz solar no solo ayuda al medio ambiente, también contribuye a la preservación de la salud de los seres humanos.

¹¹ MARN. http://www.marn.gob.gt/paginas/Base_Legal/. Consulta: agosto de 2017.

5.2.1. Medio ambiente y reforestación de áreas boscosas

Guatemala es conocida como el país de la eterna primavera, admirable por sus grandes zonas boscosas, su tropical clima y su exótica fauna. La reforestación es una actividad que participa en la recuperación de áreas dañadas, desoladas o vacías. Se debe evitar comprar tarimas a empresas que estén involucradas en el contrabando y la tala ilegal de árboles, y revisar que los proveedores cuenten con certificaciones para laborar y distribuir.

5.2.2. Importancia de la limpieza de desechos sólidos

El enfoque ambientalmente responsable de la industria petroquímica es garantizar la disminución de emanación de contaminantes. Se debe evitar la contaminación hacia las comunidades aledañas, al realizar limpieza y reciclaje a los desechos recuperables se garantiza la disminución y corrección del impacto ambiental negativo.

5.2.3. Gestión de desarrollo de conciencia social ecológica

Partir desde un principio básico de que la Tierra puede existir sin necesidad de los seres humanos y que, por el contrario, los seres humanos no podrán vivir sin el planeta Tierra, hace recordar que el agua potable y el oxígeno que brinda la flora jamás podrán ser sustituidos.

El cambio climático que ha sufrido el planeta Tierra, causado por el daño constante que ocasiona la combustión y emanación de dióxido de carbono, y la acumulación de basura que desemboca en lagos, ríos y océanos, debe ser tratada y corregida con urgencia. El hecho de comprar con bolsas de tela o canastas en vez de utilizar bolsas plásticas desechables, las cuales terminan en

volcanes de basura anuales, contribuye de gran manera a no seguir contaminando el ambiente.

5.2.4. Manejo del agua potable

Tomar duchas cortas, captar y canalizar agua de lluvia para luego utilizarla en el riego de hortalizas, cerrar el grifo de agua mientras se cepilla los dientes o durante el tiempo en que se lavan los platos, son formas de manipular adecuadamente el agua potable, y se debe evitar depositar productos tóxicos, envases plásticos en ríos, mares, lagunas. Es obligatorio dejar limpio cada lugar que se visite. El agua potable es un recurso natural imprescindible para el ser humano, debido a que dota de vida a la flora y fauna del mundo entero.

5.2.4.1. Tratamiento de aguas

El tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo eliminar porcentajes de contaminantes del agua, intoxicada previamente por operaciones realizadas por los seres humanos. El tratamiento de aguas se realiza a través de procesos químicos, físicos y biológicos, por lo general con plantas de tratamientos de aguas esta se purifica por etapas. Las aguas residuales que se generan en las residencias, industrias e instituciones también pueden ser tratadas en el lugar de origen, se pueden usar fosas sépticas y biodigestores para la reducción de la contaminación.

5.3. Tarimas de madera, pino y ciprés

Las tarimas de la industria se pueden desarmar para fabricar pisos resistentes, roperos, estanterías, comedores, sillas, entre otros. Es por eso que la demanda de tarimas en Guatemala es exponencial, lo mismo sucede con la

acumulación de desechos, considerando que otras industrias desechan tarimas de maderas similares, lo que da pauta a estimar que los proyectos de reciclaje pueden ser cada vez más grandes. En la actualidad ya hay personas y carpinterías que se dedican a comprar tarimas a diferentes empresas para proceder a desarmarlas y venderlas como tablones o muebles.

5.3.1. Uso de tarimas en las industrias

Las industrias, por lo general, utilizan tarimas para el despacho y traslado de lotes de productos, las tarimas también llamadas *pallets* tienen entradas, las cuales se ajustan a las cuchillas de los montacargas y facilitan la carga y movimiento de productos pesados. Las cajas y sacos por lo general son entregados al cliente, forrados con *stretch film* y fleje, debido a que en el despacho de rutas se procura que ninguna caja, saco o barril se lastime, resguardando la calidad de entrega.

5.3.2. Relación del uso de tarimas y tala de árboles

El desequilibrio entre la tala y siembra de árboles contribuye de forma directamente proporcional a la deforestación, considerando el auge de producción, distribución del sector industrial, rapidez de entrega y el alto nivel de facturación anual, comparado a la razón de crecimiento de áreas boscosas, con el que se logra determinar un déficit ambiental.

5.3.3. Causas de la deforestación

El contrabando, la facilidad al acceso en compra y venta ilegal de madera, mezclados con principios de ética profesional quebrantados, respaldan la deforestación, no obstante, considerando también aspectos como: necesidad

de empleo y escasez de fuentes de trabajo, familias numerosas, niveles bajos de educación, tasas de desarrollo económico decrecientes que hacen explotar la crisis. En ocasiones la tala de árboles es el único ingreso monetario para muchas personas.

5.3.4. Tala de árboles en Guatemala

Los árboles son productores de oxígeno que absorben el dióxido de carbono (CO₂) y transforman el clima, modifican altas temperaturas, disminuyéndolas, aumentan el agua subterránea, cambian el estado de las tierras secas en fértiles, atraen fauna, brindan belleza y son patrimonio cultural.

Es por eso que la tala de árboles es un atentado a la vida del planeta Tierra. Esta actividad se debe mitigar, considerando también que la venta y extracción de madera es fuente de trabajo, se recomienda a las industrias que utilizan tarimas en sus operaciones, corroborar que el proveedor que les abastece los *pallets* cuente con permisos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para realizar ese trabajo. Se debe evitar en todo momento comprar materiales a personas que se dediquen al contrabando de madera, también se debe asegurar que los proveedores reparen las áreas explotadas, verificando licencias ambientales.

5.3.5. Importancia de reciclaje de tarimas para mitigar la tala de árboles de pino y ciprés

La importancia del reciclaje de tarimas nace a partir de que las entregas a clientes y operaciones logísticas son cada vez más solicitadas, considerando también que las tarimas son uno de los principales insumos para los despachos que se realizan a diario.

Se puede asumir que el daño a las zonas boscosas y explotación de recursos es excesivo, por último se debe considerar que son pocas las empresas que se dedican a reforestar las áreas dañadas, esa es la razón principal por la cual reutilizar las tarimas se ha vuelto un requisito para mitigar el incremento de la tala de árboles. Además, estas pueden ser destinadas a la fabricación de diferentes artículos que den beneficios a la sociedad.

5.4. Producción sostenible y cambio climático

La producción sostenible consiste en fomentar el uso eficiente de los recursos, evitar excesos, comenzar iniciativas que generen el desarrollo ecológico y mantengan el equilibrio productivo con la calidad de vida, para recuperar el daño ocasionado por las operaciones industriales y también utilizar insumos amigables al medio ambiente. El cambio climático está vinculado de forma directamente proporcional al abuso de recursos ejercido por el hombre durante muchos años, por lo tanto, al producir de forma sostenible se ayuda a restaurar daños al medio ambiente y se evita comprometer recursos de futuras generaciones.

5.4.1. Mejora de la gestión ambiental en Guatemala

La gestión ambiental en Guatemala es un conjunto de acciones, decisiones, iniciativas, programas, directrices. Es decir, es la administración de recursos que tiene como propósito proteger al medio ambiente. Puede ser ejecutada de forma individual, grupal o gremial. Lo principal es participar en pequeñas acciones que proporcionen restauración del medio ambiente a corto, medio y largo plazo.

5.4.2. Alianzas ambientales en la industria

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales muestra interés a soluciones integrales que resguarden los recursos naturales de Guatemala. La industria petroquímica puede crear alianzas con industrias, organizaciones, entidades públicas y comunidades, y trabajar en conjunto para realizar actividades que tengan como objetivo la inclusión social y el desarrollo sostenible. Se puede realizar campañas de siembra en aldeas o terrenos dañados que guarden un convenio de no explotación después de la siembra.

5.4.3. Plan de mitigación de contaminación

Se puede decir que el plan de mitigación de contaminación es un conjunto de estrategias y tácticas que tienen como fin disminuir la contaminación. La industria petroquímica, al proveer saneamiento a sus desechos sólidos, disminuye la emisión de gases y la acumulación de desechos contaminantes, para que ese plan sea concretado debe establecerse una métrica de emisión de desechos, algunas opciones podrían ser: comparar el peso en kilogramos de materiales contaminantes anuales y medir la rotación de tarimas anuales con base en los inventarios de materia reciclada. Lo recomendable es revisar los costos que conlleva realizar cada actividad.

6. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

En el siguiente capítulo se presenta: usos y maneras de reciclaje, conceptos de producción más limpia en las operaciones, una opción para un plan de control de desechos, una alternativa para cronograma de auditorías, acciones correctivas que inciten a la mejora, entre otros.

6.1. Usos y maneras de reciclaje

La madera residual que se forma al desarmar una tarima puede ser utilizada en distintas formas: decoración, construcción o fabricación de muebles, todo dependerá de la creatividad a la que sea sometida. En la actualidad ya existen empresas que se dedican exclusivamente a la fabricación de cocinas, camas, escritorios, zapateras, estanterías, pérgolas, todas fabricadas únicamente de tarimas, esto ayuda a la economía, pues la competitividad del fabricante mejora cada día.

Contribuye a la reducción de tala de árboles y deforestación, por otro lado, considerando que la reutilización de tarimas se realiza a un costo accesible, la mayoría de personas puede reciclar desde sus hogares empleando ideas sencillas.

6.1.1. Producción más limpia en las operaciones

La producción más limpia es una estrategia utilizada por varias empresas, no es necesario hacer grandes inversiones para incursionar en este movimiento que busca alcanzar un equilibrio de recursos naturales con la producción, un

ejemplo aplicado en la industria es apagar la luz de los baños cuando estos no están en uso, imprimir en ambos lados de la hoja de papel *bond*, luego depositar todo el papel en un área de reciclaje, utilizar bombillas *led* y realizar reportes digitales.

En la industria petroquímica la producción más limpia consiste en anticiparse al maltrato y abolladuras de los barriles, evitar la corrosión provocada por agua potable y exposiciones largas al sol, como también manipular y cuidar las tarimas, esto se puede lograr con una selección de tablas rotas y la reparación de tarimas en períodos más constantes, de modo que puedan tener un tiempo de vida y rotación más largos, evitando así la compra continua de tarimas.

6.1.2. Plan de control de desechos

Para realizar el plan de control de desechos se utilizarán los siguientes registros de medición:

Hoja de inspección de materiales recuperables: con la cual se puede catalogar el estado del desecho, fecha de inspección, inspector, comentarios adicionales, cantidad de materiales recuperados, entre otros.

Hoja de control de desechos recuperados: su función es brindar registro de entradas, salidas, costos por saneamiento y movimientos de los desechos recuperados.

Tabla XXVII. Hoja de control de desechos recuperados

Industria Petroquímica Hoja de control de desechos recuperados				
Fecha de autorización de orden de trabajo		08-nov-17	Nombre de persona que realiza e saneamiento	
Fecha de salida a saneamiento		13-nov-17	Diego Santos	
Fecha de ingreso a planta material recuperado		20-nov-17	Hora	10:00 a.m.
Cantidad	Peso	Nombre de artículo	Descripción	Costo Q
8	154	Barril	Barril acero al carbón 55 galones	869.33
11	205	Barril	Barril acero al carbón 55 galones	1 195,3
Total				2 064,6
Observaciones	Costo de reciclaje saneamiento de 19 barriles			
Firma				

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

6.2. Cronograma de auditorías

Las auditorías se realizan para dar seguimiento de hallazgos y puntos de mejora. La auditoría en la industria petroquímica inspeccionará principios básicos de orden y limpieza, guiándose del cronograma presentado abajo.

6.2.1. Auditoría interna

La auditoría interna es una revisión básica de controles que la industria petroquímica maneja, en campo o documental; esta se realizó por personal interno según el cronograma adjunto.

Tabla XXVIII. Cronograma de auditoría interna

Programa de Actividades 2017 Industria Petroquímica																												
Auditoría de Limpieza y Orden		Semana	Estatus				Estatus				Cod. Color																	
Orlando Tojes		52	Realizada	1	Programada	1																						
JP Jefe de Producción			No realizada	2	No realizada	2																						
			Reprogramada ejecutada	3	Reprograma da ejecutada	3																						
No	Actividad	Responsable	Enero Semana		Febrero Semana				Marzo Semana				Abril Semana				Mayo Semana				Junio Semana							
1	Auditoría interna	JP	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
No	Actividad	Responsable	Julio Semana				Agosto Semana				Septiembre Semana				Octubre Semana				Noviembre Semana				Diciembre Semana					
1	Auditoría interna	JP	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

6.2.2. Auditoría externa

La auditoría externa es una revisión básica de controles que la industria petroquímica maneja, en campo o documental; esta se realizó por personal subcontratado según el cronograma adjunto.

Tabla XXIX. **Cronograma de auditoría externa**

Programa de Actividades Industria Petroquímica 2017																															
Auditoría de Limpieza y Orden	Semana	Estatus			Estatus			Cod. Color																							
	52	Realizada		1	Programada		1																								
JP Jefe de Producción y CT Contratista		Reprogramada ejecutada		3	Reprogramada		3																								
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio									
No	Actividad	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana									
1	Auditoría externa	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
		Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre									
No	Actividad	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana									
1	Auditoría externa	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52				

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

6.3. Clasificación de desechos

Existen diferentes formas para clasificar los desechos, algunas podrían ser: utilidad, tamaño, tipo, pero principalmente se puede dividir en dos categorías: desechos orgánicos e inorgánicos.

Tabla XXX. **Desechos inorgánicos y orgánicos**

Desechos orgánicos	Desechos inorgánicos
Son todos los residuos biodegradables, cualquier tipo de restos de frutas y verduras, los cuales pueden utilizarse para la fabricación de fertilizantes.	Son todos los residuos que al exponerse al medio ambiente no se fusionan de una forma amigable al ambiente, un ejemplo son los barriles de acero, desechos hospitalarios, desechos químicos, plásticos, latas, envases, vidrio, entre otros.

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

6.3.1. Cuidado de tarimas

La industria petroquímica podría cuidar sus tarimas inspeccionándolas una vez al mes, puede también cerciorarse de que estén almacenadas en lugares secos, evitando la humedad y deformación de las mismas. Se debe apilar de forma paralela todas por igual, para evitar quiebres de esquinas. Cuando las tarimas tengan tiempo prolongado sin uso es recomendable formar tramos separados y forrarlos con *stretch film* y fleje para evitar la adhesión del polvo.

6.3.2. Disminución de apilamiento de desechos

La disminución de apilamiento de desechos en la industria petroquímica consiste en verificar por lo menos cada 3 meses el estado de la planta, inspeccionando la acumulación de tarimas y barriles dañados, seleccionando las tarimas quebradas y reparándolas en el taller de carpintería, brindando saneamiento a los barriles. Se debe direccionar los esfuerzos y enfocarse en no dejar acumular materiales, debido a que estos, con un descuido, aumentan hasta que terminan siendo toneladas de desechos.

6.4. Acciones correctivas

Cada vez que se realice una inspección en las zonas de trabajo, se debe colocar las buenas prácticas, puntos de mejora o hallazgos a los cuales se les debe dar seguimiento. Se debe procurar mitigar actividades contraproducentes y corregir las condiciones que perjudiquen el desarrollo de operaciones de calidad. Las mejoras y acciones correctivas de hallazgos deben ser sostenibles, de preferencia dejar documentada la mejora en instructivos, especificaciones o procedimientos seguros de trabajo.

6.4.1. Capacitaciones al personal en medio ambiente

La industria petroquímica puede realizar capacitaciones que tengan como objetivo el enriquecimiento en temas relacionados al medio ambiente, pueden ser cápsulas de 10 ó 15 minutos, siempre procurando la retroalimentación de los colaboradores a capacitar, es decir hacer preguntas, resúmenes y énfasis, de modo que el mensaje quede claro. Las capacitaciones de medio ambiente pueden realizarse cada semana o distribuirse según disponibilidad de horario, puede entregarse material didáctico, realizar presentaciones, videos y separadores que contengan los mensajes. Se recomienda llevar registros de las capacitaciones que se han impartido. A continuación se presenta la lista de asistencia a capacitaciones:

Tabla XXXI. Hoja de asistencia a capacitaciones

Hoja de asistencia a capacitaciones				
Fecha	16 de noviembre 2017	Nombre de instructor	Orlando Tojes	
Hora	10:00 a.m.	Tema de Capacitación	Reciclaje de materiales	
Duración	40 minutos	Tipo de capacitación	Concienciación	
Código de colaborador	Nombre	Posición	Departamento	Firma
11000569	Joaquín Estrada	Operador	Manufactura	JE
11000847	Luis Enríquez	Operador	Manufactura	LE
11000425	Juan Álvarez	Operador	Manufactura	JA
11000657	Samuel Ramos	Operador	Manufactura	SR
11000435	Mariano Pérez	Operador	Manufactura	MP
11000989	Alex Chávez	Operador	Manufactura	AC
Observaciones :	Se tocaron puntos de concienciación para el personal operativo			
Firma de instructor:	Orlando Tojes			

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

6.4.2. Actividades de trabajo en equipo por una Guatemala verde

Figura 31. **Actividades de reciclaje**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

Las actividades de trabajo en equipo por una Guatemala verde consisten en la reutilización de barriles para decoración de lugares. En la imagen anterior se muestra un barril de acero al carbón siendo utilizado como recipiente para plantas decorativas.

6.5. Beneficio-Costo

Reciclar aporta un beneficio para cualquier industria, porque ayuda a evitar acumulación de desechos en basureros o incurrir en gastos de pago a empresas terceras que se dediquen a la disposición final de desechos, a la vez que se evita la fabricación de productos nuevos.

Este es un beneficio ambiental para el planeta Tierra, en otras palabras todos los costos ocultos en que se incurre al desechar materiales, podrían aprovecharse de mejor forma si se direcciona pequeñas contribuciones monetarias en programas de reciclaje que brinden un beneficio ambiental en Guatemala.

6.6. Resultados de disminución de desechos sólidos

Es preciso e imperativo formar conciencia del uso adecuado de los recursos naturales; se necesita conciencia en la niñez, juventud y una fuerza laboral madura para progresar en mejoras ambientales. La disminución de los desechos será en forma directamente proporcional a los hábitos desarrollados por los equipos de trabajo, esto se puede promover con charlas mensuales y programas de concientización.

6.6.1. Estadísticas de control de desechos

Tabla XXXII. Unidades de tarimas recicladas

Tarimas recicladas en 2017	Meta (unidades)	Tarimas Recicladas
Meta	12	11
Enero	12	11
Febrero	12	12
Marzo	12	12
Abril	12	12
Mayo	12	13
Junio	12	13
Julio	12	13
Agosto	12	12
Septiembre	12	12
Octubre	12	12
Noviembre	12	13
Diciembre	12	14
Total	156	160

Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

Tabla XXXIII. **Unidades de barriles reciclados** ¹²

Barriles reciclados en 2017	Meta (unidades)	Tarimas Recicladas
Meta	8	8
Enero	8	9
Febrero	8	9
Marzo	8	10
Abril	8	11
Mayo	8	10
Junio	8	9
Julio	8	10
Agosto	8	11
Septiembre	8	11
Octubre	8	11
Noviembre	8	10
Diciembre	8	11
Total	104	130

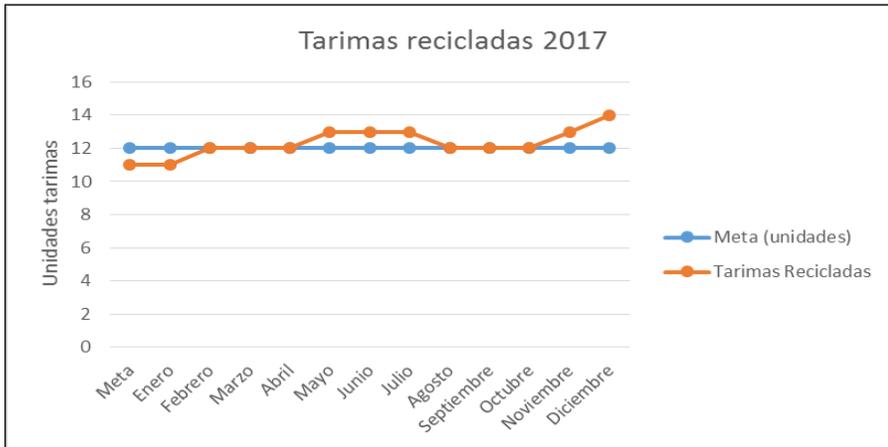
Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Visio.

6.6.2. Gráficas

La gráfica es una herramienta estadística que sirve para representar con facilidad el comportamiento o tendencia de alguna variable con respecto a una meta. Puede concluirse que el resultado del reciclaje para el año 2017 fue satisfactorio al superar la meta de reciclaje promedio.

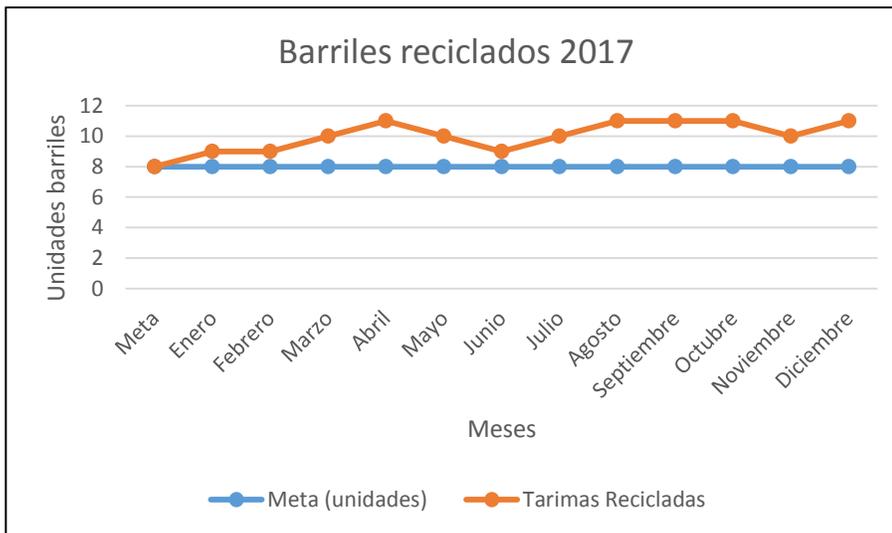
¹² Prensa Libre. *Reciclaje 2017*. <http://www.prensalibre.com/el-auge-del-reciclaje/>. Consulta noviembre de 2017.

Figura 32. **Gráfica de tarimas recicladas**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

Figura 33. **Gráfica de barriles reciclados**



Fuente: elaboración propia, haciendo uso del programa Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. Se proporcionó un diseño para la fabricación de estaciones ergonómicas, para la línea de envasado y etiquetado, las mismas serán fabricadas de desechos sólidos contaminados, contribuirán a la mejora de las operaciones y al funcionamiento de la planta petroquímica a través de programas de orden y limpieza.
2. Los diseños de estaciones de trabajo ergonómicas pueden variar según criterios de la industria petroquímica, lo más importante al momento de realizar propuestas de modificaciones es tomar en cuenta al usuario y solicitar que proporcione sus puntos de vista, pues este último es el que lo utiliza.
3. Se proporcionó a la empresa un plan de reciclaje, con un cronograma para inspecciones de la planta, planes de auditorías, hojas de verificación de limpieza, y etapas de recolección de tarimas y barriles que al pasar por un tratamiento de limpieza pueden ser reutilizados, para contribuir a operaciones sustentables y disminuir el impacto ambiental.
4. Se recolectaron datos actuales de la industria petroquímica, para la documentación de los diagramas de flujo actuales de la empresa; también se proporcionaron mejoras en utilización de tiempo, al utilizar estaciones ergonómicas y almacenar de forma ordenada los materiales e insumos.

5. Se realizó una opción de diseño para la línea de envasado y etiquetado, incluye estaciones de trabajo ergonómicas que permiten tener más comodidad en la realización de tareas diarias, disminuyen la fatiga por incomodidad del trabajo y, por último, contribuyen en el almacenaje de materiales e insumos.

6. La propuesta del diseño de estación de trabajo es realizada con más del 40 % de materiales recuperados, principalmente barriles de acero al carbón y tarimas recicladas. Además, la realización de esta propuesta otorga la inclusión y participación del capital humano operativo en la fabricación y diferentes etapas del reciclaje, así como en capacitación de programas, lo cual, con el transcurso del tiempo contribuye a la concientización de la importancia de la reutilización de los materiales.

7. El plan de gestión de desechos sólidos de la industria petroquímica consiste en: un cronograma de inspecciones de auditorías internas y externas, de orden y limpieza. También en recolección, limpieza de barriles y tarimas, fabricación de estaciones ergonómicas utilizando materiales reciclados. Por último, se toma en cuenta el acompañamiento y retroalimentación en campañas de concientización con capacitaciones en temas como medio ambiente y reciclaje.

RECOMENDACIONES

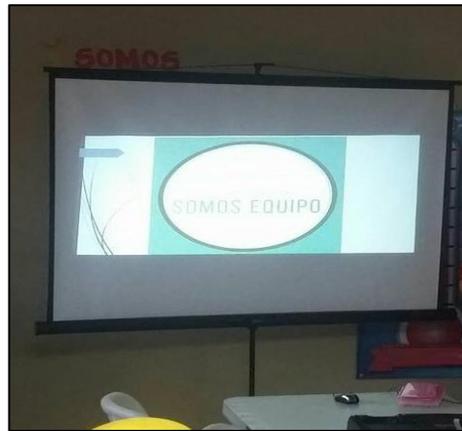
1. Antes de modificar cualquier procedimiento, proceso o actividad, es necesario analizar minuciosamente las tareas, anticiparse a riesgos escondidos, en especial establecer acuerdos con los colaboradores operativos, quienes realizan las tareas. Es recomendable utilizar técnicas para la administración de los cambios y ejecutar pequeños cambios por etapas.
2. Al momento de fabricar estaciones o modificar herramientas, se debe revisar paso a paso cada actividad, para garantizar que la modificación no sea una fuente de peligro en el futuro.
3. Para cualquier industria es importante desarrollar los hábitos de orden y limpieza en áreas de trabajo, debido a que contribuyen al buen funcionamiento de las operaciones y disminuyen los atrasos e incidentes.
4. Siempre que se realice una capacitación, se debe procurar ser breve y conciso en la información que se pretende transmitir, y de preferencia usar material visual para apoyo y realizar una evaluación para verificar retroalimentación.
5. Todas las iniciativas que fomenten el reciclaje y las operaciones sustentables son de beneficio, por más simples que parezcan, pues cada acción aporta soporte a la restauración del medio ambiente, por lo cual es necesario ser constantes en campañas forestales, reciclaje y actividades que involucren capital humano.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
2. HODSON, William K. *Manual del ingeniero industrial*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1997. 345 p.
3. MÁRQUEZ-BENAVIDES, Liliana. *Residuos sólidos*. México: Libros en Red, 2011. 505 p.
4. MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique; BARRAU P. *Ergonomía 1. Fundamentos*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya, 1999. 190 p.
5. NIEBEL, Benjamín W.; FREIVALDS, Andris. *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfa Omega, 2004. 745 p.
6. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 79 p.

ANEXOS

Anexo 1. **Capacitaciones de medio ambiente**



Fuente: Industria Petroquímica.

Anexo 2. **Equipo de trabajo en sala de capacitación**



Fuente: Industria Petroquímica. Salón de capacitaciones.

