



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

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE
MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE**

German Manuel Alexander Chamorro Cajchum
Asesorado por el MAI Ing. Pablo César Méndez Cajas

Guatemala, abril de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE
MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GANTES DE HULE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GERMAN MANUEL ALEXANDER CHAMORRO CAJCHUM
ASESORADO POR EL MAI ING. PABLO CÉSAR MÉNDEZ CAJAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de enero de 2012.



German Manuel Alexander Chamorro Cajchum

Guatemala, 8 de octubre de 2013

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

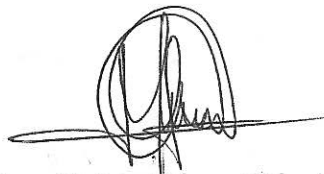
Respetable Ingeniero Urquizú Rodas

Por medio de la presente informo a usted, que como asesor del Trabajo de Graduación del estudiante universitario **GERMAN MANUEL ALEXANDER CHAMORRO CAJCHUM**, quien se identifica con el carné universitario número **200530628**, procedí a revisar la tesis de seis capítulos, cuyo título es: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE”**. El cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **LE DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



MAI.Ing. Pablo César Méndez Cajas
Colegiado Activo No. 8,668

Pablo César Méndez Cajas
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 8,668



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE**, presentado por el estudiante universitario **German Manuel Alexander Chamorro Cajchum**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Ing. César Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2014.

/mgp



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 **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE**, presentado por el estudiante universitario German Manuel Alexander Chamorro Cajchum, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Erquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2014.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MÁS LIMPIA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE GUANTES DE HULE**, presentado por el estudiante universitario: **German Manuel Alexander Chamorro Cajchum** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz
Decano



Guatemala, abril de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser quien me dio la fortaleza y la sabiduría, porque de Él mana toda ciencia.
- Mi madre** Aurelia de Chamorro, su amor será siempre mi inspiración.
- Mi padre** Efraín Chamorro, de sus consejos y lecciones he aprendido a levantarme en mis peores momentos.
- Mi abuela** María Tacam (q.e.p.d.), su amor incondicional ha sido siempre mi ejemplo de vida.
- Mi abuelo** Manuel Chamorro (q.e.p.d.), su apoyo y ejemplo me han inspirado.
- Mi bisabuela** Luisa Aguilar, gracias al cariño que siempre me ha demostrado.
- Mis hermanos** Roksy, Julio, Juan Pedro y Seily Chamorro Cajchum, gracias a su cariño y apoyo incondicional.
- Mis amigos** David, Jorge, Adolfo, Samuel, Eduardo, Lenin, Aldy, Edwin, a todos gracias por su amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Pablo Méndez

Gracias por su guía y apoyo para la realización de este trabajo, me siento infinitamente agradecido.

Inga. Carolina Mendoza

Gracias al apoyo brindado durante la investigación y a sus sabios consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Producción más Limpia	1
1.1.1. Principios	2
1.1.2. Impacto ambiental	3
1.1.3. Buenas prácticas para la Producción más Limpia	4
1.1.4. Beneficios	6
1.2. Metodología de implementación	6
1.3. Definición de mantenimiento	8
1.3.1. Tipos de mantenimiento	8
1.3.2. Definición de Single-Minute Exchange of Die	10
1.3.2.1. Importancia	10
1.3.2.2. Metodología.....	11
1.3.2.3. Beneficios	13
1.4. Descripción de la empresa	14
1.4.1. Ubicación	14
1.4.2. Misión	14
1.4.3. Visión.....	15
1.4.4. Productos.....	15

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	21
2.1.	Descripción del área de mantenimiento	21
2.1.1.	Componentes de la maquinaria.....	21
2.1.1.1.	Dispositivos de transmisión de calor	22
2.1.1.2.	Elementos de transporte	24
2.1.1.3.	Unidades de tratamiento	25
2.1.1.4.	Sistema hidráulico	26
2.2.	Proceso de mantenimiento.....	28
2.2.1.	Clasificación de los repuestos	29
2.2.2.	Tipo de mantenimiento aplicado.....	30
2.2.3.	Forma actual del proceso de mantenimiento.....	30
2.3.	Diagnóstico del proceso de mantenimiento.....	31
2.3.1.	Deficiencias del sistema actual	31
3.	DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS Y HERRAMIENTAS	33
3.1.	Repuestos por componentes de la maquinaria	33
3.1.1.	Clasificación de los repuestos	34
3.1.2.	Diseño de manuales de repuestos	37
3.1.3.	Sistema de control de repuestos	39
3.1.4.	Flujo del sistema de repuestos.....	42
3.2.	Capacitación de personal.....	46
3.2.1.	Análisis del perfil de participantes	47
3.2.2.	Identificación de objetivos	47
3.2.3.	Selección de capacitadores.....	48
3.2.4.	Agenda de participantes y capacitadores.....	48
3.2.5.	Estrategias de evaluación	49
3.3.	Metodología para el mantenimiento	49
3.3.1.	Descripción de Single-Minute Exchange of Die.....	49

	3.3.1.1.	Beneficios	50	
	3.3.1.2.	Técnicas y nuevo sistema	50	
3.4.		Estrategia de Producción más Limpia	53	
	3.4.1.	Proceso de mantenimiento	54	
		3.4.1.1. Metodología de mantenimiento.....	55	
		3.4.1.2. Disminución de consumo de energía con el nuevo sistema de mantenimiento	58	
		3.4.1.3. Ahorro de insumos utilizados.....	60	
3.5.		Análisis financiero.....	61	
4.		IMPLEMENTACIÓN	63	
	4.1.	Planeación y organización del programa de Producción más Limpia	63	
		4.1.1. Organización de equipo de Producción más Limpia	64	
		4.1.2. Identificación obstáculos y soluciones	65	
		4.1.3. Capacitación a mandos intermedios y operarios	67	
	4.2.	Evaluación de planta	68	
		4.2.1. Diagrama de proceso	69	
		4.2.2. Registros y mediciones.....	69	
			4.2.2.1. Materias primas	71
			4.2.2.2. Consumo de insumos	72
			4.2.2.3. Consumo de energía	74
		4.2.3. Organización del equipo evaluador	76	
		4.2.4. Opciones alternativas	77	
	4.3.	Ejecución	79	
		4.3.1. Ejecución de las medidas recomendadas	79	
			4.3.1.1. Asignación de recursos	79

4.3.1.2.	Asignación de responsabilidades	81
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	83
5.1.	Comprobación del nuevo sistema de mantenimiento.....	83
5.2.	Comparación de indicadores.....	84
5.3.	Beneficios obtenidos	85
5.4.	Monitoreo de resultados.....	87
5.5.	Mejora continua del nuevo sistema.....	87
5.5.1.	Análisis FODA del nuevo sistema de mantenimiento.....	89
5.5.2.	Evaluación y control de resultados.....	91
6.	IMPACTO AMBIENTAL	93
6.1.	Consumo de energía.....	93
6.1.1.	Iluminación	93
6.1.1.1.	Uso de luz natural	93
6.1.1.2.	Sectorización de iluminación	95
6.1.1.3.	Uso de equipos de iluminación eficiente.....	95
6.1.1.4.	Buenas prácticas de apagado de luces.....	97
6.1.2.	Uso de equipos eléctricos	97
6.1.2.1.	Uso de equipo eficiente con sistemas de ahorro de energía.....	98
6.1.2.2.	Buenas prácticas en el uso de equipo eléctrico	98
6.2.	Manejo de residuos.....	100
6.2.1.	Recomendaciones.....	100
6.2.2.	Manejo adecuado de residuos plásticos	101

6.2.3.	Manejo adecuado de aluminio, vidrio y cartón.....	103
6.2.4.	Manejo de residuos peligrosos y no tradicionales	103
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Guantes estilo N-DEX	16
2.	Guantes estilo Nitri Solve	17
3.	Guantes estilo Chloroflex	18
4.	Guantes estilo Chem Master	19
5.	Guantes estilo Nitri Master	20
6.	Turbina	22
7.	Radiador	23
8.	Cadena transportadora	24
9.	Mandril	25
10.	Tanque de tratamiento	26
11.	Bomba hidráulica	27
12.	Plataforma	28
13.	Proceso de clasificación de repuestos	35
14.	Flujo del sistema de repuestos.....	44
15.	Hoja de registro	57
16.	Hoja de control de órdenes de trabajo	58
17.	Diagrama de flujo para la realización del mantenimiento	70

TABLAS

I.	Clasificación de los dispositivos y equipo al que pertenecen	36
II.	Repuestos de la bomba hidráulica	38
III.	Hoja de control de repuestos de dispositivos	41

IV.	Tarjeta para control de repuestos.....	42
V.	Programación de la capacitación	48
VI.	Lista de comprobación para la preparación interna y externa en un cambio de trabajo	51
VII.	Tipos de reemplazo de lámparas.....	59
VIII.	Costo actual de materia prima (repuestos)	71
IX.	Costo propuesto de materia prima (repuestos).....	72
X.	Costo actual de insumos.....	73
XI.	Costo propuesto de insumos	73
XII.	Costos actuales de mantenimiento	84
XIII.	Costos del método propuesto de mantenimiento	85
XIV.	Análisis FODA.....	90
XV.	Matriz FODA del sistema de gestión de mantenimiento	91
XVI.	Porcentaje de reflexión en una pared según su color	94
XVII.	Niveles mínimos de iluminación.....	95
XVIII.	Estimación de ahorros por sustitución de tecnología de iluminación	96
XIX.	Códigos de identificación de plásticos	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Gal	Galón, unidad de medida de volumen
Hr	Hora, unidad de medida de tiempo
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora
lb	Libra
lux	Lux
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
P+L	Producción más Limpia
Pulg, “	Pulgada
Q	Quetzal, moneda guatemalteca
W	Watt, unidad de medida de potencia eléctrica

GLOSARIO

Abrasión	Desgaste por fricción.
Coprocesamiento	Disposición y aprovechamiento ambientalmente seguro de residuos generados por una industria o fuente conocida, por medio de otro proceso industrial que tenga uso intensivo de materiales y energía.
Cuello de botella	Fenómeno en el que el desempeño o capacidad de un sistema está limitado por uno de sus componentes.
Dicroica	Reflector trasero utilizado en los focos, visto por detrás da luz rojiza.
Energéticos	Sustancias que se emplean en diversos procesos para producir energía útil.
Energy Star	Programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para promover los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad.
Fluorescente	Luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial.

FODA	Sistema de análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
Incandescente	Dispositivo que produce luz mediante el calentamiento de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica.
Indicador	Procedimiento que permite cuantificar alguna dimensión conceptual con el objetivo de representar la realidad de forma cuantitativa, sencilla y directa.
Inertización	Tratamiento de residuos catalogados como residuo peligroso, sean líquidos o sólidos, para inactivar o minimizar su potencial naturaleza química y su posterior disposición final.
<i>In situ</i>	Expresión latina que significa en el sitio o en el lugar, generalmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar.
Insumo	Es el material inicial que se incorpora al proceso para satisfacer una necesidad o requerimiento.
Kárdex	Tipo de documento que tiene múltiples usos y se usa principalmente para ordenar la información que uno tiene de acuerdo con la actividad que desarrolle.

Lixiviado	Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.
Lote	Conjunto de bienes producidos en una unidad de trabajo.
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
PHVA	Estrategia de mejora continua de la calidad en la administración de una organización. Acrónimo de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.
Preensión	Agarrar, sostener un objeto con la mano.
Punto de reorden	Nivel de inventario de un artículo que señala la necesidad de realizar una orden de reabastecimiento.
SMED	Single-Minute Exchange of Die, Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito.
Software	Conjunto de instrucciones y datos codificados para ser leídas e interpretadas por una computadora. Programa de cómputo.
<i>Stand by</i>	Consumo en espera de diferentes aparatos electrónicos.

Stock de herramientas	Registro documental de las herramientas de la empresa.
Stock de repuestos	Registro documental de los repuestos de la empresa.
Tecnología	La aplicación de los conocimientos, métodos o instrumentos de la ciencia para propósitos prácticos de la industria, el comercio, la medicina, etcétera.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> , Mantenimiento Productivo Total.
Utillaje	Conjunto de instrumentos y herramientas que optimizan la realización de las operaciones de proceso de fabricación, mediante el posicionamiento y sujeción de una pieza o conjunto de piezas a un sistema de referencia.

RESUMEN

En la empresa Compañía Hulera de Exportación, donde se realizó el estudio, se detectó la necesidad de mejoras en el Área de Mantenimiento, por lo tanto, se propuso la aplicación de los lineamientos de Producción más Limpia, buscando mejorar el servicio, los procesos, etcétera, todo ello redundando en una disminución de costos. Esto se realizó en una máquina que se compone de dispositivos de transmisión de calor, elementos de transporte, unidades de tratamiento y sistema hidráulico.

Los elementos de la maquinaria se clasificaron según el componente al que pertenecen, además se realizó el diseño de manuales de repuestos, con lo cual no solo se busca tener un *stock* más organizado, sino también, contribuir al proceso de mantenimiento en sí.

Según la estrategia de Producción más Limpia se estableció como paso primordial la necesidad de cambiar de mantenimiento correctivo a mantenimiento preventivo, lo que mejoraría la productividad de la empresa. Para lograrlo se plantea la capacitación del personal, ya que para todo tipo de implementación de nuevos procedimientos es necesaria la inducción pertinente a dichos métodos

Para verificar que el plan esté dando resultados se realizan mediciones de consumo de materia prima, insumos y energía, además de la verificación de los procedimientos en hojas de control de registros y de órdenes de trabajo, todos estos indicadores se comparan para evaluar los resultados obtenidos.

Para continuar mejorando el proceso es imprescindible que no solo se mantengan los resultados que se han alcanzado, sino que se tracen nuevas metas. Para ello se aplica la matriz FODA al nuevo proceso, luego se utiliza el ciclo PHVA implementar, evaluar y dar seguimiento al plan de mejora.

Finalmente se dan lineamientos para el buen uso de la energía, como la iluminación y el uso responsable del equipo electrónico, manejo de residuos como plásticos, vidrio y residuos peligrosos y no convencionales.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un plan de mejora continua en el área de mantenimiento basado en los principios de Producción más Limpia.

Específicos

1. Realizar una clasificación detallada de las piezas utilizadas en la línea de producción.
2. Crear un programa de mantenimiento preventivo.
3. Capacitar al personal de mantenimiento para que adopte los principios del nuevo sistema.
4. Reducir de manera considerable el desperdicio de insumos, recursos y materiales.

INTRODUCCIÓN

Producción más Limpia es una respuesta al problema que tiene más trascendencia en la actualidad: el deterioro del medioambiente causado por el desarrollo industrial. Siguiendo estos principios aplicados a la industria de la manufactura de guantes de hule, entre los cuales se pueden mencionar buenas prácticas de manejo; mejor control de proceso; sustitución de materias primas; modificación de equipo; cambios de tecnología; recuperación *in situ* y reutilización y producción de subproductos útiles.

La propuesta de dicha metodología se realizó en la Compañía Hulera de Exportación, S. A., una empresa que se dedica a la fabricación de guantes de hule, utilizados para diferentes propósitos desde uso en el hogar hasta el manejo de químicos, ácidos, corrosivos, etcétera.

Se describe el régimen de mantenimiento que se aplica a una de las líneas de producción, compuesta de dispositivos de transmisión de calor, elementos de transporte, unidades de tratamiento y el sistema hidráulico. También se especificará la forma en que se clasifica actualmente el *stock* de repuestos y el tipo de mantenimiento aplicado, tomando estos datos como base se presenta el diagnóstico consecuente del sistema actual de mantenimiento.

Posteriormente, se presenta el diseño de un nuevo sistema de mantenimiento, basado en la reorganización del *stock* de repuestos y la elaboración de manuales de los dispositivos utilizando la metodología Single-Minute Exchange of Die que plantea la necesidad de la eliminación de ajustes, ya que estos representan de un 50 a 70 % del tiempo de preparación interna, también propone la implementación de operaciones en paralelo, las actuales aceleran algunos trabajos.

La estrategia de Producción más Limpia que se empleó en el sistema de mantenimiento está fundamentada en las buenas prácticas para el consumo de energía, buenas prácticas para el manejo del agua y de residuos, aplicados al programa de uso de repuestos y a la metodología de mantenimiento.

1. GENERALIDADES

1.1. Producción más Limpia

La Producción más Limpia (P+L) es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medioambiente. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) desarrolló una metodología de Producción más Limpia basada en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas, aplicando el concepto de las 3 R's (Reducción, Reutilización y Reciclaje).

Esta metodología permite al sector productivo ser más rentable y competitivo a través del ahorro generado por el uso eficiente de materias primas y por la reducción de la contaminación en la fuente de sus procesos, productos o servicios; con lo que además, se evitan sanciones económicas por parte de las autoridades ambientales y se promueven nuevos beneficios al ofrecer al mercado productos fabricados bajo tecnologías limpias.

Con la implementación de Producción más Limpia se busca pasar de un proceso ineficiente de control de la contaminación “al final del tubo”, a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial. Se previene la contaminación al sustituir las materias primas que contengan una alta carga contaminante y al crear los soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos.

1.1.1. Principios

La aplicación de una estrategia eficaz de Producción más Limpia, tiene como fundamento el empleo de los siguientes principios:

- Buenas prácticas de manejo: mejoras en las prácticas utilizadas y un mantenimiento apropiado pueden producir beneficios significativos. Estas opciones son de bajo costo.
- Mejor control de proceso: modificación y optimización de procedimientos de trabajo, operación de la maquinaria y parámetros de operación para manejar los procesos a mayor eficiencia y minimizar las razones de generación de desechos y emisiones.
- Sustitución de materias primas: cambio de materias primas por otras menos tóxicas, materiales renovables o con mayor vida de servicio.
- Modificación de equipo: modificación del equipo de producción existente y su utilización, por ejemplo, añadiendo dispositivos de medición y control, de modo que el proceso opere a mayor eficiencia.

- Cambios de tecnología: reemplazo de tecnología, cambios en la secuencia de los procesos y/o simplificación de procedimientos de modo que se minimice la generación de desechos y emisiones durante la producción.
- Recuperación *in situ* y reutilización: reutilización de materiales de desecho en el mismo proceso u otras aplicaciones dentro de la empresa.
- Producción de subproductos útiles: transformación de materiales de desecho en materiales que puedan ser reutilizados o reciclados para otras aplicaciones fuera de la empresa.
- Modificación de productos: modificación de las características del producto de forma que se minimicen los impactos ambientales del mismo, derivados de su uso o posterior a este (disposición) o los impactos causados durante la producción del mismo.

1.1.2. Impacto ambiental

Se entiende por impacto ambiental al conjunto de efectos, positivos o negativos, que produce una determinada acción humana sobre el ambiente en sus distintos aspectos, estas acciones provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social.

En el presente estudio, la evaluación del impacto ambiental resulta de un diagnóstico del proceso de mantenimiento en una fábrica donde se producen guantes de hule, las consecuencias provocadas por dichas actividades y las formas de mitigación más adecuadas a cada problema.

Generación de residuos sólidos:

- Residuos sólidos domésticos: restos de material de soldadura, tubos de teflón, cintas aislantes, repuestos en mal estado o dañados, etcétera.
- Residuos sólidos peligrosos: dentro de estos residuos se incluyen todos aquellos provenientes de productos químicos y que son resultado de su mal manejo (productos vencidos, dañados, envases de productos químicos, envases de lubricantes).

1.1.3. Buenas prácticas para la Producción más Limpia

- Buenas prácticas para el consumo de energía

Se puede ahorrar energía sin llegar al racionamiento utilizando la cantidad adecuada para el uso que se requiere, en el punto donde se le requiere, por el tiempo que sea realmente necesario y con el dispositivo que tenga la mayor eficiencia energética.

Para determinar las oportunidades de ahorro de energía que existen en la empresa y, por ende, para aprovecharlas, se sugiere dar los pasos que se describen a continuación:

- Identificar qué energéticos se utilizan en la empresa.
- Determinar cómo se mide el consumo.
- Organizar y sistematizar la información de los consumos energéticos.
- Identificar cuándo y dónde se gasta energía.

- Integrar información de diseño de los procesos, sistemas y equipos.
- Calcular índices de los energéticos de la empresa.
- Buenas prácticas para el manejo de residuos

El problema de la inadecuada gestión de los residuos sólidos en Guatemala reside en que no se cuenta con una propia normativa ni existe sanción alguna a los que generan estos desechos. La inadecuada gestión de los residuos puede tener un impacto en varias áreas, no solamente la ambiental o ecológica. Algunos de los impactos negativos que tienen los residuos mal gestionados son:

Aspectos sanitarios: mediante el contacto directo con el residuo o desecho o con tierra, aire o agua contaminada se pueden contraer varios tipos de enfermedades, intoxicaciones, inclusive la muerte.

Impacto ambiental: contaminación de aguas superficiales o subterráneas, mediante el arrastre de residuos a los cauces o filtración de lixiviados. Contaminación del aire, efecto invernadero, olores e incineración. Contaminación de los suelos, impacto ambiental de los vertederos, afecta directamente a animales y plantas, también a la población aledaña.

Actualmente, no existe en el país la infraestructura necesaria para el manejo adecuado de los residuos generados, tanto a nivel industrial como domiciliar. La recolección separada y la recuperación de los residuos con potencial de reciclaje son esfuerzos que aún parecen aislados y se practican solamente cuando la remuneración económica es evidente.

1.1.4. Beneficios

En general, los beneficios derivados de la Producción más Limpia incluyen, entre otros:

- Optimización del proceso y ahorro de costos mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas en insumos en general.
- Mejoramiento de la eficiencia operativa de la planta.
- Mejoramiento de la calidad de los productos y consistencia porque la operación de la planta es controlada y por ende más predecible.
- La recuperación de algunos materiales de los subproductos.
- Reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición.
- Menores primas de seguros.
- Mejoramiento de la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidad, entidades financieras, etcétera.

1.2. Metodología de implementación

Para diseñar e implementar un Programa de Producción más Limpia (P+L), es necesario poner en práctica una metodología con las siguientes fases o etapas:

Primera fase: planeación y organización del programa de Producción más Limpia

En la fase de planeación y organización del programa de Producción más Limpia, se establece el compromiso de la empresa, indispensable para su implementación exitosa. También se da a conocer la iniciativa al personal y se definen los grupos de trabajo y sus responsabilidades.

Las actividades a desarrollar en esta fase son:

- Compromiso de la gerencia y del personal de la empresa.
- Organizar el equipo de Producción más Limpia.
- Definir claramente las metas del Programa de Producción más Limpia dentro de la empresa.
- Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producción más Limpia.
- Capacitar a mandos intermedios y operarios.

Segunda fase: Evaluación en planta

La fase de evaluación del proceso en planta es crucial en la implementación de la Producción más Limpia, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora. Con la evaluación en planta se determina también la situación general de la empresa, los puntos críticos en el manejo de la energía, del agua y materia prima, así como, sus efectos financieros y ambientales.

Las actividades a realizar en esta etapa son:

- Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción.
- Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas.
- Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.

1.3. Definición de mantenimiento

Son aquellas acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada. Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria o equipo.

El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema, lo cual está basado en la reducción y eliminación de errores y fallas.

1.3.1. Tipos de mantenimiento

El tipo de mantenimiento se clasifica de acuerdo con las tareas que se ejecutan, al momento de realizarlas o el fin con el que se realizan:

- **Mantenimiento correctivo:** es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al Departamento de Mantenimiento por los usuarios de los mismos.

- **Mantenimiento preventivo:** es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.
- **Mantenimiento predictivo:** es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etcétera) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.
- **Mantenimiento cero horas:** es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados, antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- **Mantenimiento en uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés)

1.3.2. Definición de Single-Minute Exchange of Die

Single-Minute Exchange of Die (SMED), son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos, desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena. El sistema Single-Minute Exchange of Die nació por necesidad para lograr la Producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

1.3.2.1. Importancia

En general la importancia de realizar el cambio de repuesto de forma rápida es ampliamente conocida, ya que un cambio que tarda demasiado es aburrido y cansado, además genera apatía, defectos, retrabajos, desechos, quejas, etcétera.

Otro aspecto importante es que el mercado exige variedad en productos, lo cual en la producción se traduce como flexibilidad mediante bajo volumen de inventario.

Para lograr todos los beneficios que trae consigo la metodología Single-Minute Exchange of Die, la filosofía de la empresa se debe relacionar con los siguientes principios:

- Cualquier preparación es desperdicio.
- No tener prisa por introducir nuevas tecnologías, puesto que es menos costoso muchas mejoras pequeñas hechas por la gente que opera la línea.
- Preguntar siempre ¿por qué?
- Estandarizar todo.
- Cualquier meta se alcanza intentándolo.

1.3.2.2. Metodología

La aplicación de la herramienta Single-Minute Exchange of Die para la reducción de tiempos de preparación de las operaciones de mantenimiento, se realiza en las siguientes fases:

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa

Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa

La idea es hacer todo lo necesario en preparar –troqueles, matrices, punzones– fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando esta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que pueda comenzar a funcionar rápidamente.

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste

Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70 % del tiempo de preparación interna. Es importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo con la nueva especificación requerida. En otras palabras, los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien – se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo con las especificaciones –. Además se emplea una cantidad extra de material.

Fase 4. Optimización de la preparación

Hay dos enfoques posibles:

- Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distinto producto (diseño de conjunto).
- Producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo).

Además, se deben emplear las siguientes técnicas para la reducción del cambio de modelo:

- Estandarizar las actividades de preparación externa
- Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina
- Utilizar un elemento de fijación rápida
- Utilizar una herramienta complementaria
- Usar operaciones en paralelo
- Utilizar un sistema de preparación mecánica

1.3.2.3. Beneficios

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios
- Procesar productos de alta calidad
- Reducir los costos
- Tiempos de entrega más cortos
- Tiempos de cambio más confiables
- Carga más equilibrada en la producción diaria

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no solo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.

Al permitir la reducción en el tamaño de lote se aumenta la calidad, ya que al no existir *stocks* innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

El Single-Minute Exchange of Die, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios.

1.4. Descripción de la empresa

La Compañía Hulera de Exportación S. A., es una compañía que se dedica a la elaboración de guantes de hule.

1.4.1. Ubicación

La planta de producción de la Compañía Hulera de Exportación S. A., actualmente se encuentra ubicada en la Avenida Petapa 55-00, Zona 12, Ciudad de Guatemala.

1.4.2. Misión

“Somos una compañía que forma parte de una corporación líder en la producción y comercialización de guantes para uso personal, en el hogar y la industria. Para esto implementamos y mantenemos estrictas normas de calidad, innovamos nuestros productos, optimizamos nuestros recursos y cumplimos las demandas de nuestra casa matriz y distribuidores con productos que sean dignos de llevar implícita la marca, de manera que podamos alcanzar los márgenes de utilidades establecidos.”¹

¹ Fuente: Compañía Hulera de Exportación S.A.

1.4.3. Visión

“Establecer la cultura de la mejora continua en los procesos de producción, calidad y comercialización de nuestros productos, para contribuir a mantener a la empresa como líder mundial en la fabricación de guantes.”²

1.4.4. Productos

Dentro de los productos que se fabrican en la planta de producción, se puede encontrar una extensa gama de guantes, los cuales según su uso, tienen diferentes características y especificaciones, entre estos se puede mencionar:

Guantes estilo N-DEX

Se podría afirmar que los guantes N-DEX son los más fiables de toda la tierra y, aún más allá, pues fueron los únicos que respondieron a los criterios de seguridad de la NASA para permitir que los astronautas a bordo del Columbia realizaran ciertos experimentos críticos (tales como la introducción de isótopos radiológicos y la obtención de muestras de sangre para su análisis después del vuelo).

No sólo se han usado los guantes N-DEX en el espacio extraterrestre, sino también para el montaje de los cohetes de combustible sólido que impulsan el transbordador espacial.

² Fuente: Compañía Hulera de Exportación S.A.

Figura 1. **Guantes estilo N-DEX**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Guantes estilo Nitri Solve

Los guantes Nitri Solve, con endurecimiento superficial, acentúan la resistencia a los productos químicos y a la abrasión, y son fáciles de poner y quitar. Sus cualidades prensiles y antideslizantes facilitan y hacen más seguro el trabajo en húmedo, mientras que el diseño ergonómico maximiza la comodidad.

Los guantes Nitri Solve tal vez sean los más apropiados para la elaboración de productos alimenticios (aves, carnes, frutas, hortalizas, productos lácteos) y para usos en petroquímica, refinerías, procesos químicos, montaje de automóviles, pintura, operaciones mecánicas en las que se empleen aceites de corte, armado de conjuntos estructurales, perforación de pozos petrolíferos, taladrado, corte, artes gráficas, fabricación de acumuladores, desengrase, electrónica, fabricación de muebles y manejo de plaguicidas.

Figura 2. **Guantes estilo Nitri Solve**

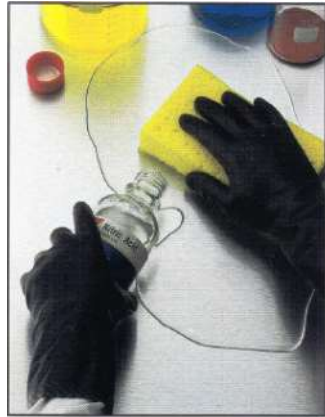


Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Guantes estilo Chloroflex

Resisten los efectos del calor, de la luz solar, del ozono y del envejecimiento. Proporcionan buena protección contra abrasiones, cortes y perforaciones. Su acabado en banda de tractor garantiza la firme prensión, tanto en húmedo como en seco, su forro aterciopelado absorbe el sudor y hace más fácil el ponerlos y quitarlos. El diseño ergonómico maximiza la comodidad y productividad del personal.

Figura 3. **Guantes estilo Chloroflex**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Los guantes Chloroflex tal vez sean los más apropiados para uso en petroquímica, refinerías, electrónica, laboratorios, desengrase y manejo de materiales en ácidos, alcoholes, sustancias cáusticas, aceite y solventes.

Guantes estilo Chem Master

El estilo Chem Master brinda buena resistencia a los ácidos, alcoholes, aceites, grasas, sustancias cáusticas, sales, cetonas, detergentes, solventes a base de petróleo y grasas animales. Estos guantes tal vez sean los más apropiados para uso en la fabricación de automóviles y acumuladores, plantas químicas, montaje de aeronaves, elaboración de productos alimenticios, fabricación de plaguicidas, mantenimiento de instalaciones febriles y limpieza de imprentas.

Figura 4. **Guantes estilo Chem Master**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Guantes estilo Nitril Master

Estos guantes se destinan a la elaboración de productos alimenticios, tales como: aves y carnes, maquinado de metales en que se usen aceites, manufacturas, mantenimiento de establecimientos industriales y conserjerías, mezcla de pinturas, procesos químicos y agrícolas, obras de construcción en general, limpieza de hospitales, servicios públicos y laboratorios.

Figura 5. **Guantes estilo Nitri Master**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del Área de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento son esenciales para la etapa de producción, ya que de ellas depende que la maquinaria esté lista y operativa cuando se le requiera, además, si el trabajo se lleva a cabo correctamente, es probable que no existan paros o fallas en la maquinaria cuando está se encuentre operando.

En el Área de Mantenimiento se llevan a cabo varias tareas de reparación y readecuación de los componentes de la maquinaria en general, aunque dependiendo de la complejidad del dispositivo o elemento a trabajar, se opera en el mismo sitio en que se encuentre. También se realizan tareas periódicas como lubricación, limpieza y revisión de componentes, y otras no tan frecuentes como cambio de piezas en mal estado o que han fallado, entre otras actividades.

2.1.1. Componentes de la maquinaria

En la fabricación de guantes de hule es imprescindible la utilización de maquinaria automatizada. En la planta existen 3 máquinas para la producción, estas máquinas realizan las mismas operaciones y están compuestas por mecanismos similares entre sí.

En el presente estudio se detalla la máquina 3 que está conformada de dispositivos de calor, elementos de transporte, unidades de tratamiento y el sistema hidráulico.

2.1.1.1. Dispositivos de transmisión de calor

La máquina 3 consta de 2 dispositivos que transfieren y administran calor para diversos procesos, los cuales son:

Turbina

Es el elemento a través del cual transita un fluido de manera continua y que la atraviesa en un movimiento rotativo de un eje.

Una turbina, consta de un eje de rotación que se mueve gracias a una o dos ruedas con paletas adosadas, las que se denominan rotor y estator. El rotor se mueve gracias al impulso que le da el fluido con su movimiento continuo, arrastrando el eje que permite el movimiento de rotación.

Figura 6. Turbina



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Radiador

Es el mecanismo intercambiador de calor, que aporta calor a otro objeto, o bien, a un lugar, sin contar con la presencia de llamas. El funcionamiento de un radiador se basa en la diferencia de temperatura entre su superficie y el ambiente en el que se encuentra, pero además, tiene gran influencia la cantidad de superficie expuesta del radiador en dicho ambiente. Lo anterior se explica ya que, al haber una superficie mayor de intercambio, mayor es la diferencia de temperatura, entonces, mayor será el intercambio de calor.

El mantenimiento del radiador es bastante importante. Es necesario hacer una revisión una vez al año con el fin de evitar la acumulación de gases en su interior que obstaculizarían la entrada del agua caliente a ciertas partes del radiador, así como, la revisión de las llaves de paso con las que debe contar, una para la entrada del agua caliente y otra para la salida de agua fría; llaves que permiten el equilibrio hidráulico

Figura 7. **Radiador**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

2.1.1.2. Elementos de transporte

Cadena transportadora

Las cadenas denominadas transportadoras son las que se utilizan para el transporte, elevación y arrastre de productos y materiales.

Estas cadenas se equipan con los accesorios necesarios para el trabajo concreto que deben desarrollar en cada aplicación.

La función que cumplen en este sistema es llevar las tablas donde se encuentran ubicadas las hormas, donde son sumergidas en los tanques de tratamiento, pasan a tratamiento térmico y finalmente son retirados los guantes de la horma.

Figura 8. Cadena transportadora



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Mandril

Es un tipo especial de prensa usada para sujetar un objeto, utilizado para sostener la tabla donde se encajan las hormas y mantenerlos sujetos firmemente durante todo el recorrido del proceso de producción.

Figura 9. **Mandril**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

2.1.1.3. Unidades de tratamiento

Tanques de tratamiento

Se utilizan varios tipos de tanques, los cuales contienen líquidos donde se sumergen las hormas para darle el tratamiento adecuado al guante. Están los tanques que contienen agua, cuya función es regular la temperatura del guante, los tanques con coagulante contienen un fluido que ayuda a que coagule el recubrimiento del guante y los tanques de látex, que son los que dan el recubrimiento deseado.

Dichas unidades están fabricadas de acero inoxidable, cuentan con un recubrimiento especial de pintura para evitar cualquier tipo de corrosión que dañe la unidad o contamine el contenido, estas unidades se encuentran fijadas sobre las plataformas, lo cual les da movimiento vertical.

Figura 10. **Tanque de tratamiento**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

2.1.1.4. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico está compuesto de varios dispositivos, entre los cuales se encuentran:

Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas son elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica.

El propósito de una bomba hidráulica es suministrar un flujo de líquido a un sistema hidráulico. La bomba no crea la presión de sistema, puesto que la presión se puede crear solamente por una resistencia al flujo. Mientras que la bomba proporciona flujo, transmite una fuerza al líquido, dado que el flujo del líquido encuentra resistencia, esta fuerza se vuelve una presión.

La resistencia al flujo es el resultado de una restricción o de una obstrucción en la trayectoria del mismo. Esa restricción es normalmente el trabajo logrado por el sistema hidráulico, pero puede ser también debido a restricciones de líneas, de guarniciones y de válvulas dentro del sistema. Así, la presión es controlada por la carga impuesta sobre el sistema o la acción de un dispositivo regulador de presión.

Figura 11. **Bomba hidráulica**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

Plataformas

Mecanismo hidráulico que utiliza los principios de la incompresibilidad de los fluidos para desarrollar una fuerza de empuje que eleva los tanques de tratamiento. Dicho mecanismo se compone del armazón de la plataforma y dos cilindros o ejes de acero 304, uno de 1 ¼ pulgadas de diámetro por 4 ½ pulgadas de largo, y otro de 7 1/8 pulgadas de diámetro por 3 pulgadas de largo.

Figura 12. **Plataforma**



Fuente: Compañía Hulera de Exportación S. A.

2.2. **Proceso de mantenimiento**

La secuencia del proceso de mantenimiento empieza al detectar el problema a resolver. Identificando el problema específico, el encargado de mantenimiento asigna los recursos necesarios para realizar las correcciones pertinentes en caso de que sea mantenimiento preventivo, se tiene un modelo empírico de las tareas, actividades y encargados que deben realizar las tareas.

Teniendo la asignación de recursos pertinente, el operario encargado de realizar la tarea se dirige a bodega y selecciona los materiales necesarios del *stock* de repuestos y herramientas.

Con las herramientas y materiales necesarios se procede a realizar la tarea propia de mantenimiento, empleando en ello los insumos adecuados.

2.2.1. Clasificación de los repuestos

Actualmente, no existe una clasificación organizada, por lo cual es complicado ubicar los materiales o herramientas necesarias para llevar a cabo cualquier trabajo de mantenimiento, por lo tanto es necesario adecuar el *stock*, ya que ello genera mucha pérdida de tiempo, puede crear cuellos de botella en las actividades de mantenimiento, así como pérdidas económicas al creer que se tiene existencia de algún componente.

Otro problema generado es el costo de mantener un alto inventario de repuestos, ya que debido al poco control que se tiene sobre estos, no se puede establecer la cantidad de un repuesto específico. Es decir, se puede tener aparentemente existencia de un material, cuando en realidad ya no hay o contrariamente se puede establecer que ya no se cuenta con algún material cuando todavía existe.

Identificado este problema desde varios puntos de vista, se establece que existe un área de oportunidad en la sistematización del *stock* de repuestos, buscar medidas en las cuales se pueda tener mayor control sobre estos y sobre todo tener un programa de manejo de materiales que planifique cómo, cuándo, y quién empleará los materiales y en que tarea se le requerirá.

2.2.2. Tipo de mantenimiento aplicado

El tipo de mantenimiento que se realiza en la planta es una combinación de los tipos de mantenimiento mencionados en el capítulo 1, aunque el mayor porcentaje de las tareas efectuadas corresponde al mantenimiento correctivo, puesto que siempre se tiende a realizar las operaciones de fallas que han ocurrido o que se tiene acostumbrado a remediar.

En menor cantidad se realizan actividades donde el mantenimiento previene algún tipo de fallo o se realiza con el fin de reducir al máximo una posible causa de fallo en la maquinaria. Con lo que respecta al mantenimiento en uso, se afirma que como son tareas fáciles de realizar y que se llevan a cabo en el momento en que está funcionando la máquina, no existe algún problema con su aplicación.

2.2.3. Forma actual del proceso de mantenimiento

La forma en que se lleva a cabo el mantenimiento no es eficiente, ya que en el momento de identificar las causas de las fallas no se tiene un programa que guíe al operario en la secuencia de actividades que debe realizar, que le advierta del equipo, herramientas y materiales necesarios para la actividad que vaya a realizar, así como, la manera en que manejará los insumos y los desperdicios.

Cuando el operario se dirige al área de bodega para buscar los materiales que necesita, no cuenta con la certeza si el repuesto o herramienta que busca se encuentra disponible, en qué lugar específico o si existe la cantidad necesaria requerida.

Cuando se realiza la función propia del mantenimiento existen otros factores que disminuyen la productividad de la tarea, porque aunque ya encontraron los materiales necesarios y las herramientas que requerían, en ocasiones olvidan alguno de éstos y deben regresar a bodega a buscar ese material, perdiendo en ello tiempo valioso en el que se pudo haber realizado la tarea.

2.3. Diagnóstico del proceso de mantenimiento

Tomando en cuenta todos los factores anteriores, se confirma que no sólo el *stock* de repuestos afecta a la productividad de la tarea de mantenimiento, sino también que no existe una planificación adecuada, no se tiene un control sobre las actividades ni sobre los recursos y tampoco se tiene capacitado al personal sobre la eficiencia que debe tener en sus actividades.

También se observa que hace falta una cultura de conservación del ambiente, puesto que no se tiene control del manejo de desechos o desperdicios de las actividades. Se requieren, entonces, medidas para el buen manejo de energía y sobre todo los costos generados por los tiempos perdidos, desperdicio de materiales y el mal aprovechamiento de insumos.

2.3.1. Deficiencias del sistema actual

Con las referencias mencionadas anteriormente, se pueden detectar las siguientes deficiencias concurrentes y subsecuentes entre sí:

- Mal acondicionamiento del área de bodega.
- Poco control del *stock* de repuestos, puesto que no se conoce el nivel exacto de repuestos, hasta que no queda ninguno.

- Falta de capacitación de los operarios de mantenimiento.
- Grandes discordancias entre los tiempos planificados para realizar las tareas y el tiempo real que lleva terminarlas.
- Manejo de los desechos de las actividades de mantenimiento.
- Uso no adecuado o ineficiente de los insumos utilizados en las operaciones de mantenimiento.
- Carencia de manuales de la maquinaria que ayuden a mejorar el desempeño de las tareas.
- Inexistencia de un plan de mantenimiento que separe el correctivo, preventivo, predictivo y asigne las tareas y recursos adecuadamente.

3. DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS Y HERRAMIENTAS

Para disminuir y eliminar sistemáticamente las deficiencias mencionadas en el capítulo 2, se plantea el diseño organizado de un nuevo sistema de repuestos, la capacitación del personal de mantenimiento, implementación de la metodología de Single-Minute Exchange of Die para reducir tiempos de preparación y un plan de mantenimiento de acuerdo con los requerimientos necesarios.

3.1. Repuestos por componentes de la maquinaria

El proceso de suministrar adecuadamente los insumos necesarios para el mantenimiento, debe realizarse de manera más organizada que de la forma que se realiza actualmente, ya que con esto se alcanzará una mejora importante en la productividad global de la empresa. Por tanto, la detección de debilidades es una oportunidad que dará como resultado la formulación de acciones que permitan alcanzar el mejoramiento del sistema.

Por otro lado y como se ha mencionado anteriormente, los componentes de la máquina 3 se consideran de suma importancia, ya que en un momento de ocurrencia de fallo de alguno de estos elementos, el funcionamiento y productividad de la planta se ven sumamente afectados, por lo que se emplearán varios criterios para la clasificación de los repuestos para mejorar el rendimiento en el uso de estos.

3.1.1. Clasificación de los repuestos

En contraste con el diagnóstico realizado, se delimitan estrategias que ayudaran a optimizar el diseño del nuevo sistema de repuestos, logrando como beneficio indirecto un mejoramiento gradual en el desempeño general de la empresa.

Estas estrategias ayudarán a reducir el riesgo de pérdida, duplicación o alteración en la información del inventario, con el fin de mejorar los indicadores del sistema de administración y llevarlos a un nivel óptimo, alcanzando así un mejor control del sistema y una reducción de costos en los que actualmente se incurrir.

Para que la clasificación de los repuestos se realice de manera correcta, es necesario conocer el proceso de fabricación de los guantes, ya que así se conocerán qué elementos son los que presentan más desgaste y cuál será la rutina necesaria de mantenimiento entre otros aspectos, sabiendo esto se detallan los componentes de la máquina según su función o periodicidad de uso y finalmente se agrupan estos elementos en dispositivos de transmisión de calor, de transporte, sistema hidráulico y unidades de tratamiento, según el capítulo 2.

Seguidamente, se identifica cada pieza o mecanismo que compone cada grupo de dispositivos, con esto se procura alcanzar la meta trazada, es decir será la base para establecer un sistema que fluya de manera continua en las operaciones de mantenimiento, se agruparán en 4 tipos de dispositivos, como se puede observar en la tabla I.

Figura 13. **Proceso de clasificación de repuestos**



Fuente: elaboración propia.

Además de clasificarlos de acuerdo con el equipo y componente al que pertenecen los repuestos, también es necesario tomar en cuenta la utilización del repuesto, puesto que hay algunos que se utilizan con más frecuencia que otros, o de acuerdo con la situación va a ser necesario emplearlo, por tanto se categorizará secundariamente de la siguiente forma:

- **Estratégicos:** los que tienen la posibilidad de fallar sin poder identificar la condición en que se encuentran, es difícil encontrar con distribuidores y tiene exagerados tiempos de entrega.
- **Consumibles:** los que se utilizan frecuentemente en el mantenimiento, son comunes en la mayoría de dispositivos, de fácil acceso en el mercado y a precio razonable.

- De desgaste: son los que debido al uso cambian en sus dimensiones originales, aunque se puede seguir dándoles uso siempre y cuando se controle el punto en donde ya no se puede seguir utilizándolos.
- De rotación: son los que al maltratarse quedan inservibles, además si se utilizan en estas condiciones pueden alterar gravemente el equipo, se cambian con cierta periodicidad y se puede predecir el lapso en que van a tener que cambiarse.
- Obsoletos: todos aquellos que debido al desuso, cambio de maquinaria o modificación en el sistema de producción dejan de ser requeridos y ya no son más útiles.

Tabla I. **Clasificación de los dispositivos y equipo al que pertenecen**

Equipo	Componentes
Dispositivos de transmisión de calor	Turbina
	Radiador
Elementos de transporte	Cadena transportadora
	Mandril
Unidades de tratamiento	Tanques de tratamiento
Sistema hidráulico	Bomba hidráulica
	Plataformas

Fuente: Personal de mantenimiento, Compañía Hulera de Exportación, S. A.

Con todos estos argumentos, se puede iniciar con la planificación y el diseño del sistema de control de repuestos, ya que teniendo parámetros establecidos es más fácil poder organizar cada uno según los criterios implementados.

3.1.2. Diseño de manuales de repuestos

Para lograr una administración estratégica de los repuestos y materiales es necesario el empleo de manuales descriptivos, en donde se enlistarán las características importantes relacionadas al uso de repuestos. Estos documentos son necesarios ya que cumplirán con la función de recabar información que se empleará en los departamentos de inventario, mantenimiento y compras.

En la elaboración de estos documentos se consultó al jefe del Área de Mantenimiento, con el objeto de recabar información y con ello elaborar un listado de equipo, repuestos e insumos empleados en las distintas rutinas y actividades. Detalles de cómo realizan las tareas, segmentación de las partes de la máquina y repuestos empleados para cada elemento, así como la clasificación empírica que se tiene de los repuestos son variables que se utilizarán en la confección de un manual adecuado.

Normalmente se cuenta con manuales de fábrica de la maquinaria en la que se detallan los componentes de dicha máquina, pero como no se cuentan con ellos se ve la necesidad de disponer de manuales de los distintos dispositivos. El objetivo de estos es brindar la información necesaria al encargado para planificar adecuadamente el mantenimiento.

Un aspecto significativo para designar la importancia de un tipo de repuesto y poder clasificarlo según los criterios establecidos es el historial de la maquinaria, ya que de aquí se puede estimar que tan necesario es un tipo de repuesto, además se puede identificar a qué parte de la máquina pertenece y la cantidad requerida para el mantenimiento.

Tabla II. **Repuestos de la bomba hidráulica**

Compañía Hulera de Exportación S.A.					
Equipo: Máquina 3					
Sistema: Hidráulico					
Dispositivo: Bomba hidráulica					
Ítem	Cantidad	Descripción	Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Caja	16	2	Tubo (número 275)
2	1	Cabezal de entrada	17	4	Junta tórica
3	2	Pasador de ventilación	18	1	Cuña
4	8	Tornillo 1/2"	19	2	Espaciador de sello
5	4	Tornillo 3/4"	20	2	Anillos nilos
6	1	Pasador limitador	21	1	Cojinete de bolas
7	1	Sello Dyna	22	1	Rotor de potencia
8	2	Anillo de retención	23	1	Codo 90°
9	1	Junta tórica	24	2	Tapón
10	1	Pasador	25	1	Niple
11	2	Rueda loca de succión	26	1	Tubo de obturación
12	1	Rueda loca de paro	27	1	Alojamiento de succión
13	2	Alojamiento de pistón	28	1	Buje
14	1	Alojamiento de descarga	29	1	Tornillo de casquete
15	1	Sello	30	1	Arandela de cubierta interior

Fuente: entrevista al personal de mantenimiento.

De estos datos puede establecerse otros datos importantes como su *stock* máximo y mínimo, cantidad que regularmente está en uso, así como, el punto de reorden, entre otros aspectos.

Además de esto, otro detalle que debe de ir en el manual de repuestos es una descripción detallada de cada componente o elemento que se mencione en los listados de repuestos o en el manual en general, ya que ésta información ayudará a cualquiera que consulte dicho documento a reconocer la función del repuesto, esto evitará ambigüedades que puedan originarse al confundir una pieza con otra.

Utilizando esta información es posible diseñar el manual para los distintos dispositivos de la máquina, a continuación se muestra los componentes para la bomba hidráulica, perteneciente al sistema hidráulico.

3.1.3. Sistema de control de repuestos

El control del sistema de repuestos y herramientas se toma como un procedimiento para asegurarse que los repuestos y materiales del almacén estén disponibles para su utilización en todo momento, además esto le permitirá al personal el cumplimiento adecuado de sus responsabilidades y funciones, pudiendo seguir un orden lógico y secuencial del mismo, con el fin de obtener mejoras en la gestión del sistema de control de repuestos.

Una forma de lograrlo, es valiéndose de los recursos existentes dentro de la empresa, referente a esto es aprovechar el software propio de la organización, así como, establecer conexiones entre el taller de mantenimiento y la bodega de repuestos e insumos.

Con este planteamiento y como una acción de mejora que busca acabar con las deficiencias actuales en el Área de Mantenimiento identificadas en el diagnóstico previo, se propone como una estrategia la automatización de datos de las unidades y repuestos, este sistema debe permanecer actualizado y mantener en línea la información del inventario, el estatus de bodega, la ubicación y seguimiento del desplazamiento en las operaciones del proceso.

De estos planteamientos se propone implementar hojas de control en donde se podrá consultar la disponibilidad de repuestos según al equipo que pertenezcan, el precio de estos, así como también el tipo de repuesto que sea, así se tendrá el criterio suficiente para administrar correctamente el inventario. Cuando el software de la empresa esté actualizado y adecuado correctamente será aún más fácil realizar una consulta de este tipo, lo hoja de control irá como se muestra en la tabla III.

Con las medidas mencionadas se esperan obtener los siguientes beneficios:

- Control de los procesos de recepción, almacenamiento y despacho del inventario.
- Contar con información veraz que facilite el desarrollo de los procesos y la toma de decisiones.
- Facilitar la búsqueda de unidades para requisición e inventario.
- Estandarizar el almacén manteniendo información confiable.
- Reducir el volumen de información impresa que se maneja.
- Disminuir el tempo de procesos que implican el control y movimiento de unidades.

Si el sistema le notifica alguna carencia de repuestos el encargado deberá informar a los encargados de inventario y compras para remediar la situación dada.

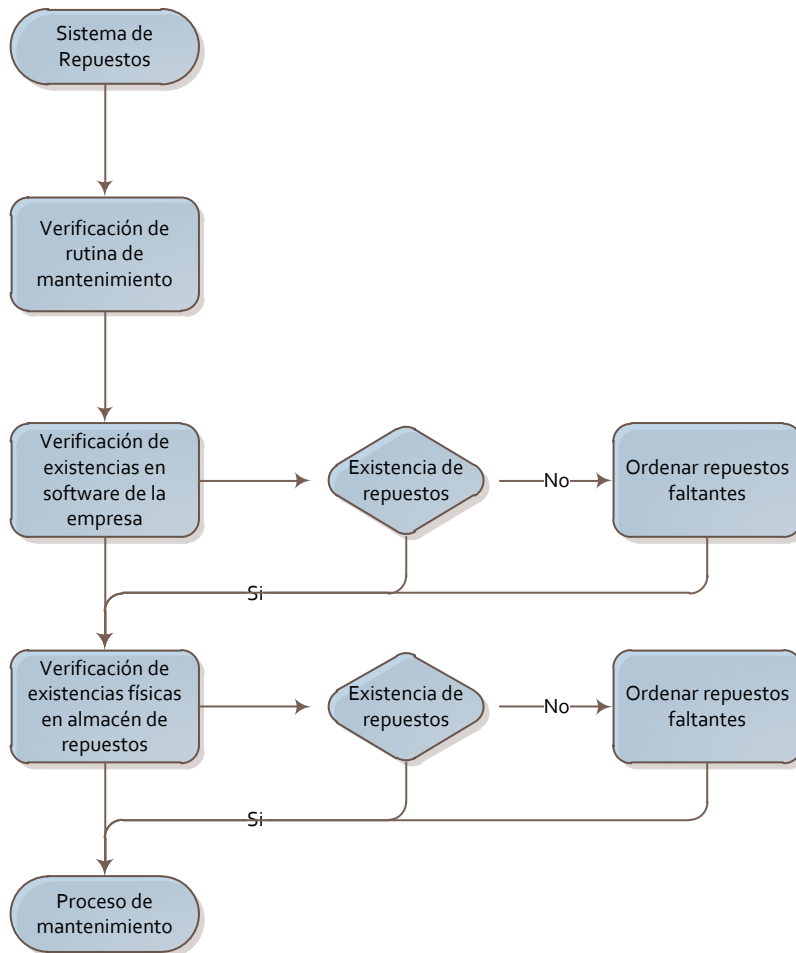
Los encargados del almacén y los de compras deben solucionar cualquier carencia o falta de recursos que puedan afectar en flujo de actividades de mantenimiento, dando como resultado una mejora en la productividad en la empresa ya que se evitaría invertir más tiempo del necesario en el mantenimiento, así como, evitar influir negativamente en la producción.

Se ha planteado de esta forma para eliminar el conflicto que existe entre el personal de mantenimiento y los encargados del almacén, ya que siempre se han dado inconsistencias entre ellos. No obstante, para alcanzar el rendimiento esperado de este sistema, es imprescindible que todos los involucrados se vean comprometidos y asuman sus responsabilidades cuando sea necesario.

Otro aspecto importante para evitar que el sistema propuesto falle es que el personal de mantenimiento vaya a la bodega y verifique físicamente la existencia del repuesto, de esta forma se puede evitar discrepancias que se tengan con el software, ya que en ocasiones no se trasladan correctamente los datos al sistema y puede ocasionar problemas, por esta razón se recomienda realizar inspecciones físicas de vez en cuando.

Estos pasos se pueden resumir en el diagrama de la figura 14:

Figura 14. Flujo del sistema de repuestos



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la recurrencia de las etapas presentadas anteriormente, se facilitará llevar mejor el control sobre el flujo de repuestos, ya que se podrá verificar los requerimientos por cada trabajo específicos. Asimismo, se podrá monitorear la existencia de materiales, puntos de pedido y la cantidad de pedido, valerse de este sistema adecuadamente acarreará muchas mejoras, no solo en tiempo, sino también en costos.

Control de inventario físico

Dependiendo de las actividades que deben realizarse en el inventario físico además del inconveniente asociado a la regularidad con que se verificará el mismo, se plantea un nuevo modelo para la elaboración del inventario, siempre y cuando se tome en cuenta la importancia que tenga cada una de las unidades almacenadas en bodega, que estén debidamente inventariadas empleando los sistemas informáticos propuestos anteriormente, lo cual beneficiará la administración y control del sistema de repuestos.

Al no tener definida la regularidad con que se hará la verificación del inventario, pueden darse los siguientes inconvenientes:

- Si se realizan anualmente, se hará muy difícil revelar y solucionar inconsistencias entre el sistema informático y las existencias reales, lo cual ocasionará un aumento en los reajustes de inventario afectando los estados financieros de la empresa.
- Puede provocar que las faltas de existencias afecten la producción si no se detectan a tiempo.
- Sin un control permanente de las existencias las pérdidas de unidades serán detectadas demasiado tarde, esto dificultará la determinación de las causas de dichas pérdidas y al responsable de la misma.

Para eliminar estos inconvenientes, y con el fin de implantar un mejor control sobre las existencias de bodega, se propone un modelo de inventario cíclico, centrado en las unidades que presenten más importancia o que presenten mayor nivel de rotación. En todo caso, la revisión de bodega debe realizarse de la siguiente manera:

- El inventario físico se llevará a cabo conjuntamente por personal del almacén y un auditor interno de gestión de calidad, quien ratificará que se está realizando bien la inspección.
- El movimiento de bodega será suspendido durante la ejecución de esta actividad, ya que así se evitarán diferencias causadas por el movimiento de unidades.
- De las inspecciones realizadas se deberá dejar evidencia escrita debidamente firmada por quien realiza la actividad y por el auditor.
- Toda inspección debe originar un informe que contenga las unidades revisadas y contadas, los faltantes y sobrantes.

Este sistema está enfocado a que en el futuro se implemente una interfaz de sistema electrónico que evite la digitación manual y que por medio de esta se realice la inspección, reduciendo considerablemente el tiempo requerido para realizarla.

3.2. Capacitación de personal

La capacitación es un elemento importante dentro de una propuesta de mejora, ya que no sólo basta con mejorar las condiciones del Departamento de Mantenimiento y organizar el *stock* de repuestos, sino también es necesario inducir al personal una cultura de mejora, promover conocimientos acerca de Producción más Limpia y la metodología que podrían emplear con Single-Minute Exchange of Die, así como, actualizar sus habilidades en las operaciones de mantenimiento.

3.2.1. Análisis del perfil de participantes

El personal al que va dirigida la capacitación debe ser personal del Área de Mantenimiento, encargados de bodega, compras y personal administrativo que tenga relación con el control de equipo, herramientas y repuestos de la maquinaria.

3.2.2. Identificación de objetivos

Algo primordial para la capacitación, es definir los objetivos que se esperan lograr con esta, ya que así el esfuerzo será bien dirigido durante el desarrollo de esta:

Objetivo general

- Inculcar al personal del Área de Mantenimiento la cultura de Producción más Limpia e introducir la metodología Single-Minute Exchange of Die en sus labores de mantenimiento.

Objetivos específicos

- Reconocer las situaciones y oportunidades de aplicar los conceptos de Producción más Limpia.
- Identificar las opciones de mejora en la organización para la preparación de los elementos necesarios en el cambio de herramientas.
- Conocer y aplicar conocimientos teóricos y prácticos necesarios para realizar sus labores con mayor eficiencia.

- Establecer bases para que los mecánicos se den cuenta de la ventaja de realizar mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.

3.2.3. Selección de capacitadores

Un punto importante en una capacitación es la elección de los capacitadores, por lo que en ese sentido, la empresa solicitará información de cursos técnicos a diversas empresas como INTECAP, Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L), entre otros y se procederá a enviar personal para capacitarlos.

3.2.4. Agenda de participantes y capacitadores

La agenda dependerá de la disponibilidad del capacitador, se propone disponer la duración en 6 meses, con capacitaciones de 30 horas mensuales, de la siguiente manera:

Tabla V. Programación de la capacitación

Programa de Capacitación Semestral						
Curso	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Curso A	30 hr	30 hr				
Curso B			30 hr	30 hr		
Curso C					30 hr	30 hr

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Estrategias de evaluación

La evaluación la llevará a cabo la empresa facilitadora de la capacitación, el personal deberá demostrar la aprobación de dicho curso presentando la certificación pertinente al tema recibido.

Con el personal debidamente instruido en los temas de Producción más Limpia, Single-Minute Exchange of Die, etcétera, se espera que sea más fácil la implementación de nuevas metodologías en sus actividades de mantenimiento.

3.3. Metodología para el mantenimiento

Los lineamientos de la nueva metodología de mantenimiento están basados en los principios de Single-Minute Exchange of Die, esto reflejará mejores técnicas en el nuevo sistema de actividades, con lo que se pretenden alcanzar ciertos beneficios en contraste con el sistema actual, estos beneficios se detallarán más adelante.

3.3.1. Descripción de Single-Minute Exchange of Die

A continuación se describe la forma en que se aplicará Single-Minute Exchange of Die a la metodología de mantenimiento, recalando que esta metodología estará implícita en las rutinas de mantenimiento, es decir, que al ejecutar un proceso de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, estas ya incluirán este sistema dentro de las tareas.

3.3.1.1. Beneficios

Con el uso de Single-Minute Exchange of Die dentro del plan de mantenimiento, se espera alcanzar ciertos beneficios como los que a continuación se mencionan:

- Preparar la base para un sistema de mejora continua
- Eliminar los cuellos de botella
- Reducir los costes
- Mejorar la calidad del mantenimiento

Estos puntos son trascendentales, ya que en el sistema actual se han detectado varias deficiencias y la necesidad de suplementar un plan que elimine dichas insuficiencias, este será el punto de partida para un plan de mejora continua, permitirá detectar actividades que generen atrasos en el proceso, se espera una reducción en el costo normal del proceso, además de estar seguros de que el mantenimiento se realizó de una mejor forma.

3.3.1.2. Técnicas y nuevo sistema

Para recurrir a este nuevo sistema es necesario plantear 4 etapas en las que se detectarán deficiencias, se determinarán mejores formas de procesos, así como, perfeccionamiento continuo del mismo.

Primera etapa: no están diferenciadas las preparaciones internas y externas

A continuación se mencionan algunas causas por las que se incurren en pérdidas de tiempo durante la ejecución del cambio de trabajo:

- Las herramientas necesarias para mantenimiento son llevadas al área de trabajo hasta que se requiera de alguna de ellas, por ejemplo, si se necesita retirar alguna tuerca de $\frac{3}{4}$ " hasta ese momento se va a buscar llave adecuada.
- Otro punto es cuando se aplica lubricación a la maquinaria, puesto que hasta que la máquina está parada se van a buscar los insumos necesarios, en vez de tenerlo listo con anticipación. Como en el caso anterior, la pérdida de tiempo innecesaria se puede producir después del proceso.

Segunda etapa: separación de las preparaciones internas y externas

La separación de estos dos tipos de preparación ha sido el pasaporte para implantar el sistema Single-Minute Exchange of Die en el área de mantenimiento.

Tabla VI. **Lista de comprobación para la preparación interna y externa en un cambio de trabajo**

Preparación interna	Preparación externa
Retirar tanque de tratamiento	Realizar pruebas
Revisar indicios de corrosión	Medir desplazamiento de plataforma
Limpiar tanque de tratamiento	
Desmontar base de plataforma	
Limpiar y lubricar sistema hidráulico	
Montar base de plataforma	
Colocar tanque de tratamiento	
Aprobación de jefe de mantenimiento	

Fuente: entrevista al personal de mantenimiento.

Se debe realizar una lista de comprobación para asegurar que no existan errores en las condiciones de preparación de cambio de trabajo, con esto se evitan muchos errores y pruebas que inciden en pérdidas de tiempo. Se empleó como lista de comprobación la secuencia de actividades que conforman un cambio de trabajo en la plataforma hidráulica.

Tercera etapa: convertir la preparación interna en externa

La conversión de la preparación interna en externa es fundamental para lograr la reducción drástica de los tiempos de preparación de maquinaria en cambios de trabajo. Se espera alcanzar mejoras al convertir actividades de preparación interna tales como: limpieza de accesorios, desmontar y retirar el tanque de tratamiento y la base de la plataforma, ajuste de máquina y aprobación del jefe de mantenimiento en actividades ejecutadas en preparación externa.

Cuarta etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación

Las técnicas necesarias para lograr mejoras sustanciales en la preparación interna son: la estandarización de operaciones de preparación y la técnica de implementar operaciones en paralelo. Luego de perfeccionar las actividades individuales con las técnicas anteriormente descritas, el tiempo de preparación se reducirá drásticamente en comparación con el tiempo a tomar antes de comenzar con la aplicación del Single-Minute Exchange of Die.

3.4. Estrategia de Producción más Limpia

Actualmente, la implementación de medidas de Producción más Limpia viene a ser el primer paso que debe realizarse a la hora de manejar los procesos de una empresa.

La ventaja de aplicar prácticas de Producción más Limpia está en que promueve el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, con el fin de eliminar o reducir en las fuentes de origen la cantidad de residuos no deseados que se genera durante los procesos de producción. De esta manera, además de reducir los costos unitarios de producción, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de desechos, si este fuera necesario y, por ende, se reduce el costo de adquisición de una planta de tratamiento y de sus consecuentes costos de operación y mantenimiento.

Las técnicas de Producción más Limpia pueden aplicarse a cualquier proceso industrial y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar hasta cambios más profundos, como la sustitución de insumos, la modificación de procesos u operaciones unitarias, o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

Las estrategias que se emplearán en el nuevo sistema de repuestos están basadas en las directrices de Producción más Limpia, esto se verifica en los beneficios siguientes:

- Al organizar, planificar y clasificar los repuestos, se tendrán un mayor orden en la bodega, será más sencillo ubicar una pieza y, se tendrá un mejor control de las existencias.

- Con un sistema informático adecuado y manejado adecuadamente, se tendrá la capacidad de poder tener un inventario muy versátil, haciendo pedidos al proveedor a tiempo y evitando tener tiempo improductivo por no poder cambiar una pieza.
- La capacitación es imprescindible, ya que no solo es hacer cambios estructurales, sino también, crear una cultura adecuada que ayude al personal a adaptarse al cambio de sistema.

3.4.1. Proceso de mantenimiento

Luego de examinar la metodología de mantenimiento empleado en la maquinaria de la planta, se decide enfocar en el mantenimiento preventivo como alternativa adecuada a empezar un proceso de mejora continua, el plan constará de los siguientes puntos fundamentales:

- Inspecciones periódicas del equipo con lo que se detectarán situaciones que puedan generar fallas o desgaste grave.
- Con este tipo de mantenimiento se pueden remediar malas condiciones en el equipo antes de que sean perjudiciales.

De esta forma se espera tener un mantenimiento de calidad, lo que reflejaría una producción con una cantidad mínima de paros, reparaciones más rápidas y por lo tanto, una mayor productividad en la empresa.

3.4.1.1. Metodología de mantenimiento

En la realización de las tareas de mantenimiento que se realiza en la maquinaria industrial de la planta, se empleará una metodología que se apoyará en formatos de hojas de control, con esto se desea recabar información relativa al desarrollo del proceso de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento en el equipo de la planta, son asignados y ejecutados por el jefe mecánico de la empresa, al momento de asignar las tareas deben de tomar en cuenta las ordenes de trabajo existentes, la programación del mantenimiento preventivo, entre otros aspectos. La metodología a emplear es la siguiente:

- El jefe de mantenimiento revisa las órdenes de trabajo para establecer la prioridad de las tareas según el programa de mantenimiento, con esto se determinará la forma de ejecución de tareas en la maquinaria.
- Se revisarán las hojas de programación de tareas de cada máquina para organizar las tareas a realizarse diariamente. A continuación se anota en la hoja de control de orden de trabajo la asignación de tareas a ejecutar.
- Simultáneamente a la ejecución de las tareas o cuando se terminen las mismas se llenarán las hojas de registro respectivo, con esto se llevará el correcto control de actividades, repuestos, etcétera.
- Cuando acabe cada jornada de trabajo, ya sea semanal, mensual, etcétera, el jefe de mantenimiento realizará todos los informes pertinentes para evaluar los resultados del programa de mantenimiento

preventivo, se archivarán los datos de los trabajos ejecutados para formar el historial propio de la maquinaria.

Hoja de registro

En este documento se apuntan todos los datos técnicos significativos de cada dispositivo de la máquina de la empresa, el objeto de este archivo es el de contar con una referencia de los repuestos generales y los parámetros de funcionamiento de la maquinaria.

Los datos que se requieren en este documento son: número de máquina, modelo, serie, código, dispositivo, componentes, rutinas, etcétera. La hoja de registro se ilustra en la figura 15.

Hoja de control de órdenes de trabajo

Este documento se emplea para llevar un control detallado de todas las órdenes de trabajo que se ha realizado durante un determinado período. Todo esto para obtener los lineamientos que permitan evaluar de forma objetiva el rendimiento y eficiencia del mantenimiento. La información que presenta es el período de trabajo, número de orden de trabajo, dispositivo, encargado, fecha programada y de ejecución, además de observaciones que permita anotar algún dato de interés que se haya generado. La hoja de control de órdenes de trabajo se ilustra en la figura 16.

Figura 15. Hoja de registro

Compañía Hulera de Exportación S.A.		
Hoja de Registro		
Número de máquina:	Modelo:	
Serie:	Código:	
Dispositivo:	Fecha:	
Componentes		
Componente	Nombre	Cantidad
Mecánico		
Eléctrico		
Electrónico		
Hidráulico		
Neumático		
Mantenimientos más frecuentes		

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Hoja de control de órdenes de trabajo**

Compañía Hulera de Exportación S.A.
Hoja de Control de Órdenes de Trabajo

Período del: _____ al: _____ No: _____

No. orden	Dispositivo	Encargado	Fecha programada	Fecha realizada

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.2. Disminución de consumo de energía con el nuevo sistema de mantenimiento

En el área de mantenimiento se tienen instaladas luminarias de diferentes tipos, ya que inicialmente no se contaba con un plan que incluyera el concepto de eficiencia energética; por ello, en toda el área no se tiene una iluminación uniforme, lo que afecta el ambiente laboral y puede causar gastos innecesarios de energía eléctrica que significaría un elevado costo para la empresa.

Por lo tanto es necesario sustituir las lámparas actuales por lámparas ahorradoras que proporcionan la misma o mayor intensidad de luz y demandan menor cantidad de energía, lo que repercute en beneficios ambientales, económicos y de comodidad. La siguiente tabla muestra los reemplazos recomendados.

Tabla VII. **Tipos de reemplazo de lámparas**

Tipo de lámpara actual	Tipo de lámpara propuesto
Fluorescente T-12	Fluorescente T-8
Incandescente	Fluorescente compacta
Dicroica	Dicroica master line

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, como consecuencia del mantenimiento preventivo y de un mejor sistema de repuestos, las actividades se realizarán con mayor eficiencia y serán más eficaces, teniendo la máquina siempre a punto y así evitando tener la máquina en marcha sin que esté produciendo, se disminuirá la frecuencia en que se tenga que encender y apagar la máquina, puesto que en el arranque y calentamiento de la máquina se consume mucha energía.

Otro aspecto importante para la disminución del consumo de energía, es el uso responsable de los equipos eléctricos, ya que estos se utilizan desde antes de empezar las tareas y no se apagan entre pausas o cuando ya dejan de ser útiles, por lo que se genera un gasto innecesario de energía, esto se tratará a más detalle en el capítulo 6.

3.4.1.3. Ahorro de insumos utilizados

En un plan de mejoramiento ambiental mediante Producción más Limpia, se espera que el ahorro de insumos se convierta en una ventaja estratégica del proceso, ya que no sólo se busca disminuir el consumo de estos, sino también se espera reutilizarlos o desecharlos de manera responsable.

Así pues, al capacitar al personal sobre nuevas técnicas de mantenimiento se espera que se lleve a cabo en menos tiempo y que además utilicen los recursos de forma más eficaz, tanto en tiempo, suministros, insumos, herramientas, etcétera.

Todos estos aspectos se medirán en los indicadores de consumo de materia prima, insumos y energía, comparando los valores del proceso actual con los de la propuesta realizada en este proyecto, todo se desarrollará en los capítulos siguientes.

Aunque hay que mencionar que realizando los procedimientos como es debido, no solo se ahorrará insumo del taller de mantenimiento, sino que también se verá una reducción en el consumo de materiales de oficina como voluminosos informes impresos entre otros casos.

Además significará que cada trabajador tendrá más tiempo para ocuparse en otras tareas, aumentando así la capacidad productiva de cada persona, teniendo en cuenta que el tiempo es el recurso más valioso para la empresa.

3.5. Análisis financiero

De la misma forma en que se ha buscado un ahorro de recursos como materia prima, insumos y energía, se espera que todo esto se traduzca en una optimización del recurso monetario, en una disminución de costo sin afectar la calidad del servicio, esto se verificará con un análisis de reducción de costos en los rubros de materia prima, insumos y energía. Estos rubros están representados por repuestos, aceites, lubricantes, grasas y consumo de energía eléctrica, entre otros.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Planeación y organización del programa de Producción más Limpia

Para desarrollar e implementar el programa de Producción más Limpia, es primordial que exista el interés y el compromiso, por parte de los directivos en implementar en sus instalaciones industriales la Producción más Limpia, que a su vez puede traducirse en un Sistema de Administración Ambiental (SAA) para asegurar un proceso de mejora continua.

De modo que para llevar a cabo la planeación se realizarán actividades en dos fases, la primera fase contiene sugerencias importantes a considerar para implementar un proyecto de Producción más Limpia, los cuales son:

- Obtener el compromiso de la gerencia y del personal de la empresa

Para realizar con éxito un programa de Producción más Limpia, es importante obtener el compromiso por parte de la dirección o la gerencia y de todo el personal involucrado en el proceso. El compromiso de la gerencia ayudará a iniciar el programa de Producción más Limpia y asegurará su correcta implementación, continuidad y mejora.

- Definir metas de Producción más Limpia en la empresa

La definición de las metas se hará de acuerdo con los objetivos que se planteen y estas deben estar íntimamente relacionadas con el proceso productivo en el que se vaya aplicar Producción más Limpia. Por lo tanto, las metas del programa son:

- Alcanzar un proceso de mantenimiento más efectivo.
- Con el proceso reducir el consumo de materia prima, insumos y energía.
- Reducir la generación de residuos y eliminarlos de forma más responsable.
- Utilizar dentro de las actividades la herramienta Single-Minute Exchange of Die, que es parte de la mejora continua.
- Alcanzar estándares internacionales de responsabilidad ambiental.

La siguiente fase se desarrollará en 3 actividades, las cuales se detallan en los siguientes incisos.

4.1.1. Organización de equipo de Producción más Limpia

Es importante que el equipo ambiental sea lo más integral y multidisciplinario posible debido a que los métodos de Producción más Limpia estudian y evalúan su intervención sobre diferentes aspectos del desempeño de la empresa tales como el manejo de agua, materia prima, materiales auxiliares; tecnología; desechos líquidos y sólidos; emisiones; subproductos; innovaciones; asuntos económicos; nuevas inversiones; seguridad y salud de los trabajadores; influencia de la competencia; los suministradores; los inversionistas; el público y los vecinos, entre otros.

Estos equipos ambientales deberán contar con la colaboración de expertos externos formados por la Unidad de Producción más Limpia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, lo que será de gran ayuda para dar una solución integral a las opciones de Producción más Limpia identificadas.

La participación directa de los representantes directos de la gerencia de la empresa es imprescindible, pues se logra el compromiso de la administración por un lado y contar con su aprobación y toma de decisiones satisfactorias, si las recomendaciones de Producción más Limpia que se proponen corresponden con los intereses de la industria.

Por lo tanto, el equipo deberá estar integrado por cada uno de los gerentes o jefes de departamentos que tengan relación directa o indirecta con el proceso de mantenimiento y se presenta de la siguiente manera:

- Gerente general
- Gerente de producción
- Jefe de logística
- Jefe de departamento de compras
- Jefe de departamento de mantenimiento
- Jefe del área de bodega

4.1.2. Identificación obstáculos y soluciones

Entre las primeras actividades a desarrollar por el equipo de Producción más Limpia estará la identificación de obstáculos que pudieran impedir el éxito del programa. Los obstáculos que pueden presentarse con mayor frecuencia al iniciar un programa de Producción más Limpia son:

- Diferencia de conceptos y actitudes entre la gerencia y los empleados
- Falta de comunicación entre las diferentes áreas de trabajo
- Estabilidad financiera
- Situación tecnológica de la empresa
- Resistencia al cambio por parte de los empleados
- Falta de capacitación para ejecutar las actividades correctamente

Una vez identificadas estas barreras, el paso siguiente es encontrar soluciones y tratar de vencer las barreras u obstáculos detectados. Es importante concientizar a todos los involucrados en el proceso sobre los beneficios de la Producción más Limpia, y señalar que su evaluación no es un proceso de asignación de culpas, sino un proceso en el que todos se sienten libres y cómodos para presentar sus ideas. Algunas soluciones a las barreras pueden ser:

- Presentar Producción más Limpia como un reto para el desarrollo positivo de la empresa.
- Presentar Producción más Limpia como una parte integrada al desarrollo de cada una de las actividades de la empresa.
- Señalar que los cambios sin costo de inversión o de bajo costo, son fáciles de implantar.
- Presentar casos exitosos de la implantación de Producción más Limpia en otras instituciones del mismo sector.
- Si los integrantes del equipo de Producción más Limpia cuentan con experiencia en la realización de proyectos de este tipo, entonces identificarán rápidamente los problemas y limitaciones dentro de la empresa.

4.1.3. Capacitación a mandos intermedios y operarios

La capacitación es imprescindible para comprender los principios, estrategias y metodología de la Producción más Limpia y no debe limitarse a los miembros del equipo ambiental, sino también, hacerla extensiva a los técnicos mecánicos que impulsarán el proyecto en la empresa.

Para hacer posible el enriquecimiento de los programas de capacitación y entrenamiento, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial puede ofrecer los siguientes recursos:

- Talleres de Producción más Limpia para la formación de expertos internacionales y nacionales.
- Talleres para la formación de entrenadores de Producción más Limpia internacionales y nacionales.
- Cursos impartidos por expertos internacionales para la transferencia de tecnologías respetuosas con el medioambiente.
- Asistencia técnica ofrecidas por expertos internacionales sobre Producción más Limpia en sectores específicos.
- Cursos sobre Desarrollo Industrial Sostenible. Simulación de procesos, análisis, optimización y control de procesos, entre otros.
- Cursos y prácticas para obtener los reconocimientos como expertos nacionales y entrenadores auspiciados por la Unidad de Producción más Limpia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

4.2. Evaluación de planta

Esta etapa tiene como objetivo identificar de manera cualitativa los procesos de mayor impacto ambiental o de costo elevado. Además, se enfoca en la identificación de oportunidades de Producción más Limpia en el proceso que traen consigo un beneficio económico. El equipo de trabajo de Producción más Limpia debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Recopilar información sobre las actividades operativas.
- Recopilar y organizar la información disponible sobre las fuentes y formas de consumo de energía, pérdida de materias primas e insumos y generación de residuos.
- Entrevistar al personal operativo para evaluar sus conocimientos sobre prácticas operativas, de registro y en cuestiones ambientales.
- Definir las necesidades y características de capacitación en los diferentes niveles jerárquicos.
- Investigar los aspectos legales vinculados a las actividades de la empresa. Se revisará que los requerimientos normativos se encuentren completos, actualizados y que estén disponibles.
- Recorrido por la planta para desarrollar el diagrama de flujo del proceso, para entenderlo en términos de las operaciones unitarias.

También se recomienda realizar entrevistas con el personal operativo sobre las condiciones y procedimientos de operación, manejo de materiales, tiempos de actividades, etcétera. El análisis de la información recopilada puede mostrar que los procedimientos de operación de un turno a otro son diferentes, pueden identificarse malas prácticas en el manejo de materiales y/o tiempos diferentes a los establecidos, cuellos de botella en el proceso, etcétera.

Además, las entrevistas pueden dar información valiosa sobre los problemas existentes en el proceso. La experiencia de los empleados puede ayudar a la solución de algunos problemas recurrentes.

4.2.1. Diagrama de proceso

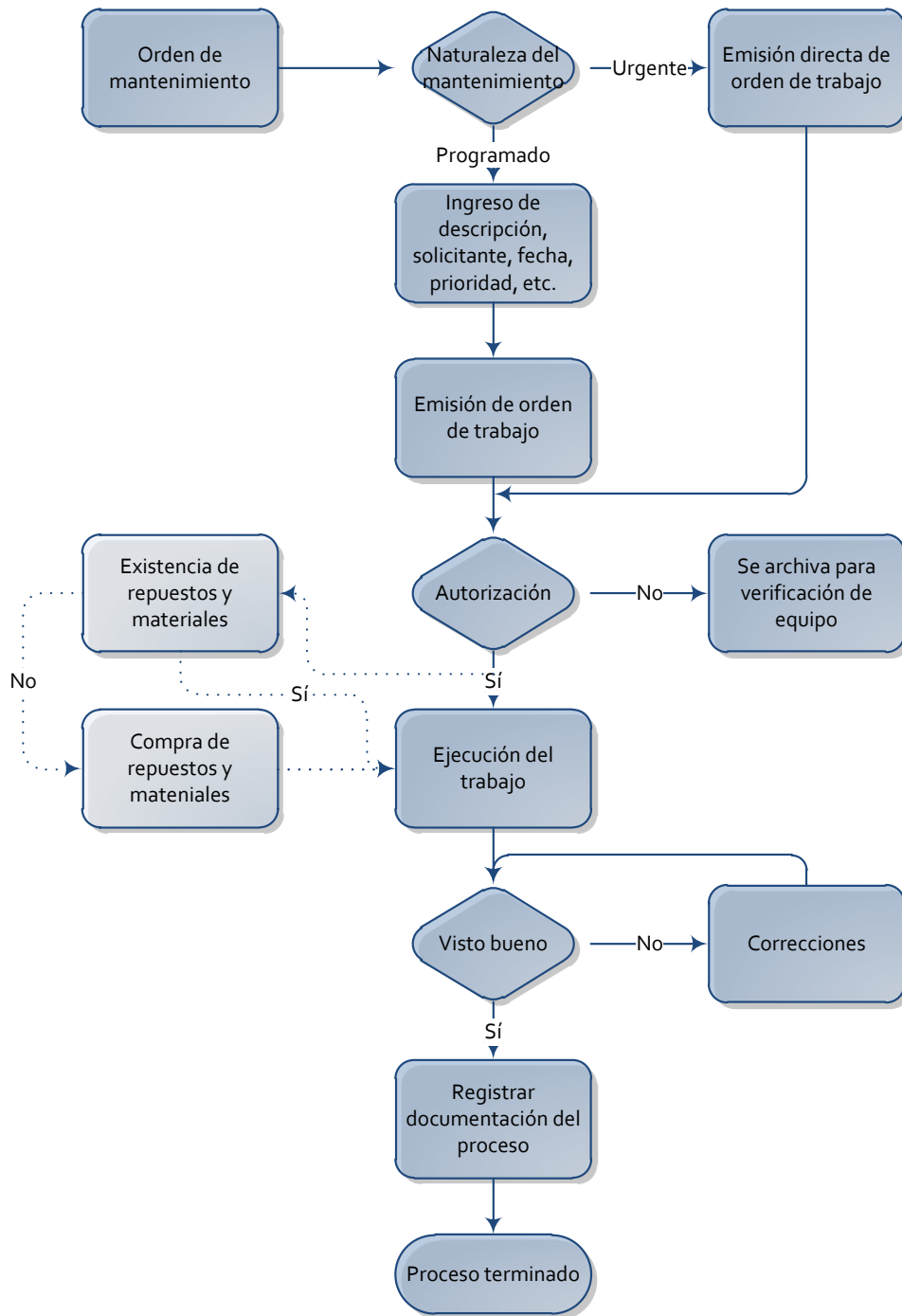
Para comprender de forma efectiva como se llevan a cabo las actividades de mantenimiento preventivo en la maquinaria de la empresa, estas se detallan en el siguiente diagrama de la figura 17.

4.2.2. Registros y mediciones

Bajo el enfoque de Producción más Limpia, los indicadores permiten caracterizar el desempeño de la empresa y brindan información de cada uno de los recursos que se utilizan en el proceso productivo (consumo de materia prima, insumos y energía). Bajo este esquema de trabajo, no se puede mejorar lo que no se está midiendo o evaluando en las entradas y salidas de un proceso, de ahí surge la importancia de seleccionar y establecer indicadores.

Además, aquí se va a demostrar con pruebas que la implementación de Producción más Limpia trajo un beneficio económico y ambiental. Por lo tanto, se debe verificar el beneficio logrado de la implementación de las opciones de Producción más Limpia. Los costos operativos y los beneficios se pueden calcular con base en una comparación de “antes y después” y los resultados reales serán evaluados contra los resultados pronosticados, esto en el capítulo 5.

Figura 17. Diagrama de flujo para la realización del mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

4.2.2.1. Materias primas

Mantener en bodega los repuestos necesarios ayudará a minimizar el tiempo de reparación que se invierte en una máquina, debido a la falta de estos.

Debido a los costos que genera mantener en *stock*, una gran cantidad de repuestos, se tendrá únicamente una cantidad mínima suficiente para prevenir estos paros, tomando en cuenta que estos son los repuestos más frecuentes o generales en uso, hay otros más específicos pero su uso no es convencional.

Situación actual

Tabla VIII. Costo actual de materia prima (repuestos)

Descripción	Unidades	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Abrazaderas No. 40	10 unidades	6,00	60,00
Cable No, 10	8 metros	3,00	240,00
Cojinete 1209	5 unidades	310,00	1550,00
Cojinete 6202	5 unidades	32,00	160,00
Faja tipo	5 unidades	50,00	250,00
Filtro de aire para compresor	5 unidades	160,00	800,00
Fusibles	4 docenas	14,00	56,00
Mangueras corrugado	10 unidades	40,00	400,00
Resistencias	5 unidades	90,00	450,00
Terminales	4 docenas	25,00	100,00
Termocoplas tipo J	8 unidades	40,00	320,00
Termocoplas tipo K	5 unidades	40,00	200,00
Tornillos m6 paso 2	12 unidades	6,00	72,00
Totales		816,00	4 658,00

Fuente: entrevista al jefe de mantenimiento.

Situación propuesta

Tabla IX. **Costo propuesto de materia prima (repuestos)**

Descripción	Unidades	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Abrazaderas No. 40	6 unidades	6,00	36,00
Cable No. 10	5 metros	3,00	15,00
Cojinete 1209	3 unidades	310,00	930,00
Cojinete 6202	3 unidades	32,00	96,00
Faja tipo	2 unidades	50,00	100,00
Filtro de aire para compresor	3 unidades	160,00	480,00
Fusibles	3 docenas	14,00	42,00
Mangueras corrugado	6 unidades	40,00	240,00
Resistencias	3 unidades	90,00	270,00
Terminales	2 docenas	25,00	50,00
Termocoplas tipo J	5 unidades	40,00	200,00
Termocoplas tipo K	3 unidades	40,00	120,00
Tornillos m6 paso 2	8 unidades	6,00	48,00
Totales		816,00	2 627,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2. Consumo de insumos

Los insumos a utilizar en la implementación del programa de mantenimiento preventivo, incluyen los que se necesitan para llevar el control del programa, como papelería y útiles. Esto debido a que el utilizado actualmente es específicamente para el proceso de producción.

Situación actual

Tabla X. Costo actual de insumos

Descripción	Unidades	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Aceite LUBRISA	5 gal	150,00	750,00
Aceite SAE W80	6 gal	125,00	750,00
Aceite TELLUS 100	8 gal	100,00	800,00
Aceite	8 gal	70,00	560,00
Brocha de 4"	5 unidades	20,00	100,00
Cepillo de cerdas metálicas	4 unidades	32,00	128,00
Cepillo con cerdas plásticas	4 unidades	25,00	100,00
Gas o thinner	5 gal	25,00	125,00
Grasa grafitada	4 lb	40,00	160,00
Grasa ULTRALUBE	4 lb	92,00	368,00
Lija No. 120	8 unidades	5,00	40,00
Pintura anticorrosiva	4 gal	55,00	220,00
Spray lubricante	3 botes	47,00	141,00
Wipe	6 lb	1,50	9,00
Totales		787,50	4 251,00

Fuente: entrevista al jefe de mantenimiento.

Situación propuesta

Tabla XI. Costo propuesto de insumos

Descripción	Unidades	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Aceite LUBRISA	3 gal	150,00	450,00
Aceite SAE W80	4 gal	125,00	500,00
Aceite TELLUS 100	6 gal	100,00	600,00
Aceite	6 gal	70,00	420,00
Brocha de 4"	3 unidades	20,00	60,00
Cepillo de cerdas metálicas	2 unidades	32,00	64,00

Continuación de la tabla X.

Cepillo con cerdas plásticas	2 unidades	25,00	50,00
Gas o thinner	4 gal	25,00	100,00
Grasa grafitada	2 lb	40,00	80,00
Grasa ULTRALUBE	3 lb	92,00	276,00
Lija No. 120	5 Unidades	5,00	25,00
Pintura anticorrosiva	3 gal	55,00	165,00
Spray lubricante	2 botes	47,00	94,00
Wipe	3 lb	1,50	4,50
Totales		787,50	2 888,50

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.3. Consumo de energía

A continuación se muestran los cálculos del cambio de luminarias en el área principal del taller de mantenimiento. En esta área se tienen las siguientes lámparas:

Diez luminarias con arreglos de 4 lámparas fluorescentes T-12 de 39 watts cada una, (4 x 39 watts). El tiempo que permanecen encendidas las lámparas son alrededor de 2 304 horas al año.

Situación Actual

$$Demanda (kW)_{actual} = \frac{No. de luminarias * Potencia de luminaria (W)}{1\ 000\ W / 1\ kW}$$

$$Demanda (kW)_{actual} = \frac{10\ luminarias * 200\ W}{1\ 000\ W / 1\ kW}$$

$$Demanda (kW)_{actual} = 2\ kW$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = \text{Demanda}(\text{kW})_{\text{actual}} * \text{horas al año}$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = 2\text{kW} * 2\,304 \text{ h}/\text{año}$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = 4\,608 \text{ kWh}/\text{año}$$

$$\text{Costo por consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = \text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} * \text{Costo por kWh}$$

$$\text{Costo por consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = 4\,608 \text{ kWh}/\text{año} * 1,770711 \text{ Q}/\text{kWh}$$

$$\text{Costo por consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{actual}} = 8\,159,44 \text{ Q}/\text{año}$$

Situación propuesta

Reemplazar las lámparas fluorescentes T-12 de 39 watts por las lámparas fluorescentes lineales de 4 x 32 watts T-8.

$$\text{Demanda}(\text{kW})_{\text{propuesto}} = \frac{\text{No. de luminarias} * \text{Potencia de luminaria (W)}}{1\,000 \text{ W}/1 \text{ kW}}$$

$$\text{Demanda}(\text{kW})_{\text{propuesto}} = \frac{10 \text{ luminarias} * 144 \text{ W}}{1\,000 \text{ W}/1 \text{ kW}}$$

$$\text{Demanda}(\text{kW})_{\text{propuesto}} = 1,44 \text{ kW}$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{propuesto}} = \text{Demanda}(\text{kW})_{\text{propuesto}} * \text{horas al año}$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{propuesto}} = 1,44 \text{ kW} * 2\,304 \text{ h}/\text{año}$$

$$\text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{propuesto}} = 3\,318 \text{ kWh}/\text{año}$$

$$\text{Costo por consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{prop}} = \text{Consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{prop}} * \text{Costo por kWh}$$

$$\text{Costo por consumo}(\text{kW}/\text{año})_{\text{propuesto}} = 3\,318 \text{ kWh}/\text{año} * 1,770711 \text{ Q}/\text{kWh}$$

$$\text{Costo por consumo} \left(\frac{\text{kW}}{\text{año}} \right)_{\text{propuesto}} = 5\,875,22 \text{ Q/año}$$

Beneficios ambientales y económicos

$$\text{Ahorro en demanda} = \text{Demanda (kW)}_{\text{actual}} - \text{Demanda (kW)}_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en demanda} = 2 \text{ kW} - 1,44 \text{ kW}$$

$$\text{Ahorro en demanda} = 0,56 \text{ kW}$$

$$\text{Ahorro en consumo} = \text{Consumo} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right)_{\text{actual}} - \text{Consumo} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right)_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en consumo} = 4\,608 \text{ kWh/año} - 3\,318 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro en consumo} = 1\,290 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro económico} = \text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro económico} = 8\,159,44 \text{ Q/año} - 5\,875,22 \text{ Q/año}$$

$$\text{Ahorro económico} = 2\,284,22 \text{ Q/año}$$

Por lo tanto, con un cambio en las luminarias utilizadas actualmente se espera obtener un ahorro económico aproximado de Q 2 284,22.

4.2.3. Organización del equipo evaluador

El equipo evaluador será integrado por el equipo de Producción más Limpia (organizado en el apartado 4.1.1), el cual evaluará el resultados del programa implementado, además, será el encargado de asignar los recursos necesarios al personal de mantenimiento, sus responsabilidades se mencionan más adelante.

4.2.4. Opciones alternativas

A continuación se describen brevemente algunas alternativas que pueden ayudar en el proceso de generación de oportunidades de Producción más Limpia.

- Cambios en las materias primas

Utilizar nuevas materias primas puede dar como resultado una Producción más Limpia al reducir o eliminar los materiales de riesgo que ingresan al proceso de producción. Ahora bien, si un proceso permite cambios o ajustes en el tipo de materias primas, se debe hacer un estudio cuidadoso para ver si no habrá una merma en la calidad del producto. De igual manera, se pueden sustituir materiales auxiliares con el fin de evitar la generación de residuos peligrosos dentro del proceso de producción o utilizar energéticos más económicos o menos contaminantes.

- Cambios en la tecnología

Se enfoca hacia las modificaciones del proceso y equipo, con el fin de mejorar la calidad, aumentar la productividad, reducir el uso de insumos o materiales de riesgo, reducir la generación de residuos y emisiones e incrementar el uso eficiente de la energía. Los cambios de tecnología pueden ir desde pequeños, implementarse en corto tiempo a un costo bajo, hasta el remplazo de equipos del proceso que involucra una inversión elevada.

- Buenas Prácticas Operativas

También llamadas Buenas Prácticas de Manufactura, involucran procedimientos administrativos y técnicos que son importantes en la optimización de un proceso. Las buenas prácticas conducen a disminuir tiempos de operación, optimizar el uso de materias primas y energéticos, eliminar desperdicios o uso excesivo de insumos, minimizar la generación de residuos y emisiones. Las Buenas Prácticas Operativas se implementan frecuentemente a un costo bajo en la producción, mantenimiento y almacenamiento de materias primas y productos.

- Cambios en los productos

Los cambios en un producto persiguen reducir residuos, emisiones y consumo de energía, debido al uso del producto. Los cambios de un producto pueden ir desde modificaciones en el diseño hasta la sustitución de la materia prima que se emplea en su fabricación. Un producto nuevo debe pensarse con base a un análisis de ciclo de vida del mismo, esto es el impacto ambiental que ocasiona desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final.

- Reutilización y reciclaje en planta

Involucra el retorno del material de desperdicio, ya sea a su punto de origen como sustituto de materia prima o que se use para la fabricación de un producto de menor calidad. Se recomienda poner atención en la cantidad de material de reutilización o reciclaje que se genera, ya que esta puede deberse a malas prácticas de operación.

4.3. Ejecución

Todos los involucrados de la empresa deben participar en la implementación de las opciones de Producción más Limpia, además al igual que cualquier otro proyecto, las actividades para el plan de Producción más Limpia incluye: planeación, diseño y gestión.

4.3.1. Ejecución de las medidas recomendadas

Para ejecutar las acciones planteadas en el plan de Producción más Limpia mediante un nuevo sistema de mantenimiento, se establecen recursos y responsabilidades de los encargados de ejecutarlo, a continuación se describen estos aspectos.

4.3.1.1. Asignación de recursos

Para ejecución del nuevo sistema en el área de mantenimiento se consideraron los siguientes principios básicos: equipos, herramientas y repuestos.

Equipo:

- La organización debe poseer equipos necesarios para llevar a cabo las acciones de mantenimiento, aunque no se le da el uso adecuado.
- El equipo de mantenimiento debe tener acceso el sistema de información (catálogos, software, etcétera) de los equipos.
- Se debe llevar registro de la entrada y registro de salidas.
- Se debe tener control del uso y estado del equipo.

Herramientas

- La empresa debe contar con las herramientas necesarias, en sitios de fácil alcance.
- Se debe disponer de un sitio para la localización de las herramientas, que facilite y agilice su obtención.
- Las herramientas deben de ser las adecuadas para realizar las tareas de mantenimiento.
- Se debe llevar registro de entrada y salida de las herramientas.
- Se debe llevar el control de uso y estado de las herramientas.

Repuestos

- La empresa debe contar con un *stock* más organizado de repuestos, para así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos.
- Los repuestos deben encontrarse identificados para su fácil ubicación y manejo.
- Debe contarse con los repuestos necesarios que se requieran para la ejecución de tareas de mantenimiento.
- El Área de Almacenamiento se debe adecuar para evitar que los repuestos se dañen inadvertidamente.
- Se deben tener formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente.

4.3.1.2. Asignación de responsabilidades

Una vez elaborado el informe técnico, las actividades del programa de Producción más Limpia quedan a cargo del equipo de Producción más Limpia de la empresa, quien tendrá la responsabilidad de revisar los datos presentados en el informe y profundizar, si es necesario, en las evaluaciones generadas por el equipo de diagnóstico. También se debe preparar un plan de implantación para introducir en la empresa las opciones viables de ahorro de energía, agua y prevención de la contaminación.

Las actividades del equipo incluirán monitoreo y evaluación de los beneficios logrados por las opciones implantadas y deberá asegurar la continuidad del programa de Producción más Limpia.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Comprobación del nuevo sistema de mantenimiento

Para comprobar cómo se va desarrollando el nuevo sistema de actividades, se realizarán visitas directas al área de trabajo, ya que con esto se espera asegurar que se cumpla con las actividades, procesos, métodos y procedimientos que se han programado en el plan de mantenimiento. Los aspectos más importantes a considerar son los siguientes:

- El proceso de mantenimiento debe realizarse de acuerdo con el plan de mantenimiento diseñado.
- Las actividades deben ejecutarse de acuerdo con la orden de trabajo emitida o según la secuencia programada.
- El personal encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento debe comprender la forma en que debe realizar sus tareas.
- El personal que esté realizando las tareas debe estar asignado para dicha actividad.
- El proceso de mantenimiento debe realizarse bajo condiciones de seguridad que protejan la integridad del personal.
- La actividad de mantenimiento debe hacerse bajo condiciones ambientales que no afecten negativamente los componentes.
- Debe cumplirse a cabalidad la ejecución del proceso de mantenimiento.

5.2. Comparación de indicadores

Para determinar una visión general del comportamiento y evaluación de las tareas de mantenimiento, se compararán distintos parámetros para comprobar como es beneficiaría un cambio de operaciones, esto permitiría valorar si dicho proyecto es justificado o es mejor continuar trabajando como hasta ahora, finalmente se presenta un análisis beneficio-costos de la implementación del nuevo sistema.

Método actual

Según el análisis de la información obtenida el mantenimiento aplicado en la mayoría de la maquinaria es mantenimiento correctivo, por lo que en la siguiente lista se presentan los costos actuales de los principales rubros de ésta actividad:

Tabla XII. **Costos actuales de mantenimiento**

Recurso	Costo (Q)
Materia prima	4 658,00
Insumos	4 251,00
Energía	8 159,44
Total	17 068,44

Fuente: entrevista al jefe de mantenimiento.

Método propuesto

Al implementar el nuevo sistema, los costos disminuyen puesto que se tienen mejores prácticas de procesos, en lo cual se consume menos materia prima, insumos y energía, lo que deriva en un ahorro económico.

Tabla XIII. **Costos del método propuesto de mantenimiento**

Recurso	Costo (Q)
Materia prima	2 627,00
Insumos	2 888,50
Energía	5 875,22
Total	11 390,72

Fuente: elaboración propia.

Ahorro económico total = Costo actual – Costo por método propuesto

Ahorro económico total = Q17 068,4 – Q11 390,72

Ahorro económico total = Q5 677,72

De estos datos se puede ver que el costo actual de los recursos de las actividades de mantenimiento que se realiza anualmente es de Q17 068,44, el costo con el método propuesto asciende a Q11 390,72, lo que da como resultado a un ahorro económico de Q5 677,72, lo que sería una disminución del 33,26 % del método actual, esto refleja una buena rentabilidad del nuevo sistema.

5.3. Beneficios obtenidos

Al implementar un sistema de mejoramiento Producción más Limpia mediante el plan de mantenimiento preventivo, se adquieren varios beneficios, entre los cuales se pueden mencionar:

- Habrá un ahorro de tiempo tanto para el personal de mantenimiento como a operarios de la maquinaria, al realizar las actividades de forma sistemática y organizada.

- La maquinaria será más eficiente y productiva, ya que al ejecutar correctamente el plan de mantenimiento preventivo se lograrán alcanzar las condiciones ideales deseadas de funcionamiento.
- Al alcanzar un buen funcionamiento de la maquinaria, la producción podrá darse de forma continua reduciendo significativamente la posibilidad de que se den paros, esto se logrará gracias a la anticipación de posibles problemas que la maquinaria pueda presentar en el futuro. Con esto se puede prolongar la vida útil de toda la maquinaria.
- Se logrará tener un control eficiente sobre todos los procesos de mantenimiento realizados, se obtendrá un historial del mantenimiento realizado a la maquinaria, con lo cual será más fácil predecir cualquier falla y corregirla con anticipación.
- Con la planificación realizada, se sabrá el momento óptimo para realizar las tareas de mantenimiento, además de que se sabe con anticipación lo que se va a realizar, el personal requerido y los repuestos que se van a utilizar y así disminuir el tiempo en el cual la máquina permanece fuera de servicio, también se obtiene indirectamente una disminución de los costos de producción.
- Se tiene una reducción de los costos por consumo de repuestos (materia prima del mantenimiento), insumos y energía.

5.4. Monitoreo de resultados

El llevar un constante control y monitoreo de las actividades del plan de mantenimiento, permitirá ver el desempeño de cada etapa del programa, de tal forma que en cualquier momento se podrán identificar problemas de manera temprana, pudiendo así analizar la causa y atacarla, con esto será más fácil alcanzar los objetivos planteados por este sistema. Los principales beneficios que se obtendrán son:

- Controlar el avance de la implementación del sistema de mantenimiento.
- Verificar que la ejecución de las tareas se estén llevando de la forma planeada.
- Comparar el rendimiento de las actividades ejecutadas con lo previsto de las actividades planeadas.
- Se puede verificar la calidad del trabajo de mantenimiento efectuado o en progreso.

5.5. Mejora continua del nuevo sistema

El equipo de Producción más Limpia junto con la dirección deberán usar los resultados exitosos obtenidos en la etapa de implantación para respaldar el seguimiento del programa de Producción más Limpia.

Al terminar la implementación del plan de Producción más Limpia, el equipo de Producción más Limpia deberá enfocarse hacia otras áreas de la empresa. Las actividades que pueden considerarse en esta segunda fase incluyen:

- Procedimientos que no fueron sometidos a una evaluación detallada en el diagnóstico.
- Opciones implementadas de Producción más Limpia que no dieron los resultados esperados.
- Actividades de planificación y desarrollo técnico de la empresa (mantenimiento, adquisición de nuevos equipos, estudio de nuevos productos, nuevas instalaciones, etcétera).

Finalmente, se deben buscar continuamente alternativas que puedan mejorar el desempeño ambiental, para esto, es recomendable llevar a cabo otra evaluación de producción limpia, ya que es importante que el equipo del proyecto no pierda el interés después de que se hayan implantado las opciones de Producción más Limpia. Hay que recordar que la Producción más Limpia no debe ser un asunto a implantar una sola vez; la primera evaluación de producción limpia debe proporcionar la experiencia necesaria para que el equipo del proyecto sea más eficiente al identificar, planear y realizar la evaluación de proyectos de Producción más Limpia subsecuentes.

La mejora continua se hará con base en la aplicación de la herramienta de mejora continua denominada Ciclo de Deming o PHVA, que consta de cuatro fases fundamentales:

Planificar: basándose en la situación actual y a los recursos disponibles, se definen los objetivos que se quieran alcanzar con el programa de mantenimiento.

Hacer: con un punto de llegada fijado y con lineamientos que guíen las actividades, se continúa a la gestión y asignación de los recursos disponibles.

Verificar: se evalúa el grado de cumplimiento de los objetivos trazados, midiendo el rendimiento de actividades, así como, el uso de los recursos.

Actuar: cualquier punto de desviación de los objetivos planteados con los resultados obtenidos, deben corregirse actuando sobre la planificación y la ejecución. Además se establecen nuevas bases para otros puntos de mejora además de los ya establecidos, estableciendo con esto la retroalimentación del sistema y la oportunidad de mejorar el sistema implementado.

5.5.1. Análisis FODA del nuevo sistema de mantenimiento

Después de haber analizado la situación actual de la función de mantenimiento, a continuación se elaborará un análisis considerando las herramientas FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) y se establecen estrategias que permitirán establecer un control más preciso sobre el sistema de mantenimiento implementado.

A continuación se presenta la tabla de análisis FODA donde se generaliza el análisis estratégico y posteriormente se presenta la matriz FODA determinando las estrategias para incrementar la efectividad del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

Tabla XIV. Análisis FODA

Ambiente Interno	
Fortalezas:	Debilidades:
<ul style="list-style-type: none"> • Estructura organizacional definida • Personal calificado y adecuado • Control eficaz del inventario de herramientas • El programa de inventario está diseñado sobre una correcta política de inventario 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos elementos estratégicos no definidos • Deficiencia en los procesos en ejecución y control • Sistemas de información poco eficaces • Ausencia de un sistema de control de calidad de repuestos
Ambiente Externo	
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Proveedores a nivel nacional e internacional • Apoyo técnico de empresas reconocidas • Asistencia técnica por sistemas <i>on-line</i> • Equivalencia de algunos repuestos originales por otros convencionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferentes legislaciones ambientales • Régimen político nacional • Regulación fiscal • Falta de asistencia técnica de algunos equipos

Tabla XV. **Matriz FODA del sistema de gestión de mantenimiento**

		Fortalezas	Debilidades
		Estrategias FO	Estrategias DO
Oportunidades	•	Optimizar recurso humano	• Establecer nuevas planificaciones y programaciones
	•	Optimizar los repuestos	• Establecer un sistema de calidad de repuestos
Amenazas		Estrategias FA	Estrategias DA
	•	Optimizar recursos financieros	• Establecer un sistema de evaluación del personal
	•	Evaluar al personal de supervisión y de operaciones	
	•	Mejorar el sistema de control de repuestos	

5.5.2. Evaluación y control de resultados

Como se ha mencionado con anterioridad, se debe dar un compromiso para darle continuidad al plan de mejora, por lo tanto, es evidente que se establezcan controles permanentes de los indicadores con el fin de verificar que se esté cumpliendo con las metas establecidas.

Con esto será posible detectar cualquier fisura o debilidad que se presente en el plan para corregirlo, además alcanzando un punto en el que se ha estandarizado el plan, plantearse nuevas metas que mejore más las condiciones productivas y ambientales de la empresa.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Consumo de energía

El consumo de energía es un rubro importante, puesto que representa un costo que puede ser reducido mediante la institución de una cultura de ahorro en beneficio del medioambiente. Esto se puede alcanzar con medidas como el uso de luz natural, uso de equipo más eficiente y buenas prácticas en el equipo utilizado.

6.1.1. Iluminación

La iluminación supone uno de los principales puntos de consumo energético en todo inmueble, por lo que cualquier acción dirigida a reducir este consumo tendrá una repercusión global.

Hay que contar además con que los sistemas de iluminación también inciden sobre el consumo global de energía de toda la planta a través de energía disipada por las lámparas en forma de calor, lo cual contribuye a incrementar las necesidades de ventilación.

6.1.1.1. Uso de luz natural

Se recomienda aprovechar al máximo la luz natural, tener suficientes ventanas y láminas traslúcidas para que entre la luz solar, también apagando las luces que estén cerca de las ventanas.

La cantidad de luz natural que entra en el interior de una sala depende de factores como la posición y el tamaño de las ventanas, la transparencia de los cristales, el color de las paredes, del suelo y el mobiliario, la orientación del edificio o la presencia de obstáculos y sombras en el exterior.

Siempre que sea posible, acomodar el área de trabajo para aprovechar al máximo el uso de la iluminación natural, asegurando que no se produzcan deslumbramientos molestos para el personal con el uso de persianas y otros elementos similares.

Utilizar tonos claros y tenues para decorar paredes, techos y el mobiliario, ya que presentan mayores índices de reflexión que los colores oscuros.

Tabla XVI. **Porcentaje de reflexión en una pared según su color**

Color	Porcentaje de reflexión	Color	Porcentaje de reflexión
Blanco	80 %	Dorado	53 %
Marfil	77 %	Gris mediano	44 %
Amarillo	74 %	Naranja	34 %
Rosa	70 %	Café	27 %
Beige	68 %	Rojo	20 %
Gris claro	64 %	Marrón	14 %
Amarillo limón	62 %	Azul oscuro	8 %

Fuente: Portal corporativo del Instituto Costarricense de Electricidad.

<http://www.grupoice.com/esp/cencon/gral/energ/consejos/ahorricelec4.htm#2>.

Consulta: febrero de 2012

6.1.1.2. Sectorización de iluminación

Es importante hacer un mapa lumínico de las diferentes áreas y determinar los usos de las diferentes zonas de trabajo con el fin de identificar las necesidades en términos de iluminación mínima requerida de las mismas. Como referencia se presentan a continuación los niveles mínimos de iluminación según el Real Decreto 483/1997 español.

Tabla XVII. Niveles mínimos de iluminación

Áreas del puesto de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas de tareas con:	
Exigencias visuales bajas	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1 000
Zonas de uso ocasional	50
Zonas de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fuente: Real Decreto 483/1997 (España). p 10.

6.1.1.3. Uso de equipos de iluminación eficiente

Cuando sea necesario recurrir a la iluminación artificial deberán utilizarse los sistemas de iluminación más eficientes disponibles (con altos índices de eficiencia luminosa), en función de las necesidades de iluminación de cada zona de la planta.

- Sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes o de bajo consumo

Una bombilla incandescente utiliza menos del 10 % de la energía que consume para producir luz, el resto se pierde en forma de calor. Las bombillas de bajo consumo ahorran hasta un 80 % de energía y darán hasta 10 veces más manteniendo el mismo nivel de iluminación, por lo que a pesar de tener un precio de compra más elevado permiten obtener un importante ahorro económico.

Tabla XVIII. **Estimación de ahorros por sustitución de tecnología de iluminación**

Potencia bombilla incandescente (W)	Consumo energía mensual (kWh)	Monto factura mensual	Potencia LFC sustituto (W)	Consumo energía mensual (kWh)	Monto factura mensual	Ahorro económico mensual	Porcentaje de ahorro (%)
100	15,00	25,95	22	3,30	5,71	20,24	78,00
75	11,25	19,46	50	3,00	5,19	14,27	73,33
60	9,00	15,57	15	2,25	3,89	11,68	75,00
50	7,50	12,98	13	1,95	3,37	9,60	74,00
40	6,00	10,38	9	1,35	2,34	8,04	77,50

Fuente: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco. p 16.³

A la hora de sustituir los tubos fluorescentes, sustituir los tubos de 38 milímetros de diámetro por los de 26 milímetros. Proporcionan la misma intensidad de luz con menor consumo y cuestan lo mismo.

³ Costo promedio de la energía según tarifario de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica noviembre-enero 2010. 1,73 Q/kWh.

Sustituir los sistemas de iluminación T-12 con balastro magnético por T-8 con balastro electrónico. Los balastos electrónicos, ahorran hasta un 30 % de energía, alargan la vida de las lámparas un 50 % y consiguen una iluminación más agradable y confortable.

6.1.1.4. Buenas prácticas de apagado de luces

Es importante recordar a los servicios de limpieza o a los últimos compañeros en abandonar el área de trabajo que no olviden apagar las luces al marcharse y dejar encendidas sólo aquellas requeridas por seguridad. De esta forma se puede ahorrar hasta un 20 % del consumo de electricidad.

Colocar calcomanías en los interruptores, recordando la necesidad de apagarlos cuando no se necesite la iluminación.

6.1.2. Uso de equipos eléctricos

Prácticamente todas las organizaciones en la actualidad cuentan con un gran número de computadoras y de otro tipo de equipos de uso como impresoras, fotocopiadoras, escáneres, etcétera. Los consumos unitarios de cada uno de estos equipos suelen ser relativamente bajos, pero considerados en conjunto y dado el gran número de horas que están en funcionamiento, supone una parte importante de la factura eléctrica de la organización.

6.1.2.1. Uso de equipo eficiente con sistemas de ahorro de energía

Se recomienda considerar el consumo energético de los equipos en el momento de la compra. Fomentar la reducción de los costes de explotación mediante la sustitución de los equipos antiguos por equipos modernos de bajo consumo. Comprar equipos que cumplan con la normativa Energy Star de la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) o alguna similar.

Al acabar la jornada laboral, computadoras, monitores, impresoras o herramientas como brocas eléctricas, esmeriles, fresadoras, etcétera. Siguen consumiendo energía aunque nadie los use al permanecer en posición *stand by* e incluso aunque estén apagados del todo, por el simple hecho de permanecer conectados a la red.

Para evitar estos consumos fantasma, tan habituales en una oficina, y asegurarse que no se producen consumos de energía innecesarios en el modo de espera durante las ausencias nocturnas, festivos y fines de semana, se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiple o regleta con interruptor, de manera que al acabar la jornada laboral se puedan apagar todos a la vez de la toma de corriente pulsando el interruptor de apagado de la regleta.

6.1.2.2. Buenas prácticas en el uso de equipo eléctrico

Al utilizar equipo eléctrico hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Procurar encender el equipo hasta que se tenga una idea clara de lo que se hará.
- En caso de ausentarse por períodos largos del puesto de trabajo, recordar apagar el equipo totalmente.
- Si se dispone de impresora local, procurar apagarla cuando no se esté utilizando.
- Una fotocopiadora es un elemento de gran consumo de energía, por lo que si dispone de modo de ahorro de energía, debe configurarse adecuadamente.

Con equipo de cómputo se indican las siguientes recomendaciones:

- Si se deja de utilizar la computadora durante períodos cortos (menos de una hora) de descanso o cuando se esté en una reunión, apagar como mínimo el monitor, dado que es un elemento de gran consumo de energía.
- Ajustar el brillo de la pantalla a un grado medio. Este ajuste ahorra entre un 15-20 % de energía. Con el brillo a un grado bajo, el ahorro llega hasta el 40 %.
- Asegurarse de que las opciones de ahorro energético están activadas.
- Por lo general, las computadoras portátiles son equipos más eficientes que los de escritorio. Tienen pantallas de cristal líquido, algunas también LED, que consumen menos energía que un monitor convencional, además incorporan más opciones de ahorro de energía.

6.2. Manejo de residuos

Para el correcto manejo de residuos dentro de la empresa, se deben tomar en cuenta varias consideraciones, como el manejo adecuado de residuos plásticos, aluminio, vidrio cartón, peligrosos y no convencionales.

6.2.1. Recomendaciones

A continuación se presentan algunas recomendaciones de mejora generales que incluyen acciones destinadas, entre otros, a la separación de residuos en el origen para un posterior reciclaje.

- Separar los residuos en el origen (el lugar donde se producen).
- Velar por la correcta separación de los residuos generados en la planta y hacer un seguimiento de las cantidades generadas. Poner contenedores adecuados para la segregación de residuos al alcance de todos. Es necesario que estos contenedores estén identificados y en un lugar acondicionado para tal efecto.
- Establecer para cada tipo de residuo la frecuencia de recolección y gestión adecuada.
- Informar al personal de los resultados de la clasificación, segregación y gestión adecuada.
- Gestionar la recolección de los residuos a través de la municipalidad o mediante gestores autorizados.
- No mezclar los residuos peligrosos como pilas, baterías o fluorescentes entre ellos ni con otros residuos. Evitar particularmente aquellas mezclas que supongan un aumento de la peligrosidad o dificulten su gestión.
- En el caso de derrames de combustibles y otras sustancias nocivas se recomienda aplicar productos de absorción y neutralización.

6.2.2. Manejo adecuado de residuos plásticos

Los plásticos utilizados habitualmente en la industria son habitualmente productos con una limitada capacidad de autodestrucción y en consecuencia quedan durante muchos años como residuos provocando contaminación en el ambiente.

Los plásticos que se encuentran en el mercado suelen diferenciarse mediante un número, del 1 al 7, ubicado generalmente en su parte inferior, según la clasificación de la Sociedad de Industrias del plástico, que ha sido adoptada en todo el mundo.

Los productos plásticos que habitualmente se utilizan en el trabajo son el PET y PEAD, estos son envases y se convierten en residuo una vez que ya no se necesitan y se les da la disposición adecuada, para ello, es necesario:

- Separar los envases de los otros tipos de envase.
- Aplastar y tapar el envase, así se aprovecha el espacio y se evita regueros.
- Depositarlo en un contenedor exclusivo para envases o bien, bolsas identificadas para este residuo.

Tabla XIX. **Códigos de identificación de plásticos**

Identificación de materiales plásticos y usos más comunes			
Código	Siglas	Nombre	Usos
 PET	PET	Tereftalato de Polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, artículos de farmacia, medicamentos, etcétera.
 HDPE	PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, etcétera.
 PVC	PVC	Policloruro de vinilo	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, usos médicos como catéteres, etcétera.
 LDPE	PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos, usos agrícolas, etcétera.
 PP	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículo de bazar y menaje, tuberías para agua caliente, bolsas, sacos, etcétera.
 PS	PS	Poliestireno	Envases para alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, pisos, etcétera.
 OTHER	Otros	Poliuretano, acrílico, acrilonitrilo butadieno, estireno, fibra de vidrio, nailon, policarbonato y poliácido láctico	Adhesivos e industria plástica. Industria de la madera y carpintería, Elementos moldeados como enchufes, espuma de colones, rellenos de tapicería, etcétera.

Fuente: Fundación de Reciclaje de Plástico (FundaPET).

6.2.3. Manejo adecuado de aluminio, vidrio y cartón

- El cartón es conveniente doblarlo y no arrugarlo para su mejor almacenamiento, evitar guardarlo en zonas húmedas ya que se daña.
- Las latas deben aplastarse y depositarse en el lugar destinado para estas.
- El vidrio que se entregue para reciclaje debe estar separado por color y libre de contaminantes, por ejemplo, sin metales, piedras, plásticos, goma, entre otros. Por seguridad, el almacenaje del vidrio se debería realizar en contenedores metálicos.

6.2.4. Manejo de residuos peligrosos y no tradicionales

- Disponer mediante un gestor autorizado los residuos de fluorescentes y bombillos. Estos requieren de un proceso de inertización previo a ser enviados a relleno sanitario.
- Utilizar pilas recargables de buena calidad y larga duración. No mezclar las pilas nuevas con las usadas ya que se reduce la vida útil de ambas. Las organizaciones que utilicen grandes cantidades de pilas, así como, baterías deberían almacenarlas adecuadamente y deshacerse mediante un gestor de residuos autorizado.
- Si se genera una significativa cantidad de residuos metálicos es imprescindible acondicionar una zona para su acopio y coordinar la recogida periódica con su gestor autorizado.
- Existen residuos peligrosos como aceites, agroquímicos y productos químicos fuera de especificación que requieren un tratamiento especial. En este sentido, existe una posibilidad para disponer este tipo de materiales de una manera ambientalmente segura, esta tecnología se llama coprocesamiento.

CONCLUSIONES

1. El criterio empleado para la organización del *stock* de repuestos está basado en la parte de la maquinaria a la que pertenece, puesto que es una forma más cómoda de acomodar en el *stand*, además verificar la ubicación y cantidad de repuestos se utiliza un kárdex, con este documento se puede no sólo establecer un mejor control, sino que, se puede actualizar de manera confiable el software utilizado por la empresa.
2. El plan de mantenimiento aplicado en la actualidad es deficiente, por lo tanto, se necesitó reemplazar por un plan de mantenimiento preventivo, el cual es más efectivo, ya que su finalidad es anticiparse a cualquier falla o anomalía y se puede llevar un mejor control de todas las actividades.
3. La capacitación del personal operativo debe ser de acuerdo con los lineamientos y metas trazadas en el plan de mantenimiento, ya que esto puede motivar al personal a generar un interés en colaborar en mantener la maquinaria y el equipo en buen estado.
4. Al hacer un uso responsable del equipo eléctrico y de insumos, mediante buenas prácticas de consumo de energía y buenas prácticas operativas, el desperdicio se reducirá considerablemente disminuyendo también los costos de estos rubros.

RECOMENDACIONES

1. Verificar constantemente que el plan de mantenimiento preventivo se lleva a cabo de acuerdo con el programa establecido mediante el control de los procesos y la comparación de resultados, con el fin de poder actualizarlo y mejorarlo en los aspectos que sean más convenientes.
2. El personal de mantenimiento debe ser capacitado de forma periódica, esto mejorará la eficiencia de su desempeño, además hay que enfatizar las capacitaciones en aspectos concernientes al tipo de la maquinaria que se tiene en la planta.
3. Es imprescindible que el equipo de Producción más Limpia visite y verifique las áreas de trabajo, ya que con ello se conocerá realmente las condiciones en que se están realizando las operaciones, para detectar debilidades del sistema y corregirlas a tiempo.
4. El nuevo plan de mantenimiento y el sistema de repuestos deben de implementarse hasta que se lleguen a institucionalizar, de esta forma se tendrá la base para establecer nuevos puntos de mejora continua en la planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Mexicano de Producción más Limpia. *Producción más Limpia*. México, 2004. [en línea] Obtenido de Centro Mexicano de Producción más Limpia. Disponible en: <http://www.cmpl.com.mx/Portal/Default.asp>. [Consulta: mayo de 2012]
2. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH). *Guía de Producción más Limpia para la producción porcina*. Honduras: AGA & Asociados – Consultores en comunicación, 2009. 90 p.
3. HERNÁNDEZ GALINDO, Zaida Liseth. *Principios de Producción más Limpia en Alimentos Kern's de Guatemala, S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 178 p.
4. MÉNDEZ CAJAS, Pablo César. *Propuesta para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) administrado por el Sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, Manufacturing Resource Planning II) en una industria de elaboración de productos de limpieza*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 181 p.

5. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Política Nacional de Producción más Limpia*. Guatemala, 2010. 50 p.
6. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Manual de Producción más Limpia*. Austria: ONUDI, 1999. 120 p.
7. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *La empresa eficiente*. PNUMA, 2003. 94 p.
8. Programa Ambiental Regional para Centroamérica. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala*. Guatemala: PROARCA, 2004. 80 p.
9. ROJAS CANCINOS, Omar Alejandro. *Estandarización de tiempos, estudio de costos y diseño de un programa de mantenimiento preventivo en el área de impresión litográfica, Comercializadora de Calidad, S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 195 p.
10. SAZ CHOXÍN, Marco Antonio. *Diseño y mejora del sistema de repuestos, herramientas y normas de seguridad industrial, del área de mantenimiento de Cementos Progreso, S. A., Planta la pedrera*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 110 p.

