



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

**PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**

Lester Smeily Figueroa Mazariegos
Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LESTER SMEILY FIGUEROA MAZARIEGOS

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballo Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

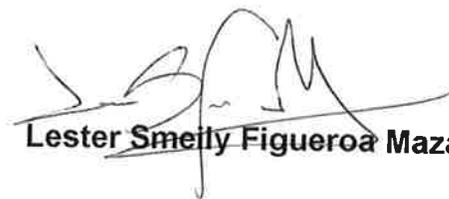
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2011.



Lester Smelly Figueroa Mazariegos



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 20 de Julio de 2012

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

Estimado Ing. Urquizú:

Respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que como Asesor para el trabajo de graduación de Lester Smeily Figueroa Mazariegos, carné 2006-14927, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, procedí a revisar el informe final de trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**

En tal virtud, lo doy por APROBADO; por lo anterior solicito continuar con los trámites correspondientes. Sin otro particular y con las muestras de mi consideración y estima, me suscribo de usted atentamente.


Ing. Alejandro Estrada Martínez
Colegiado No. 5,305

**INGENIERO
ALEJANDRO ESTRADA
COLEGIADO 5305**

c.c. Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

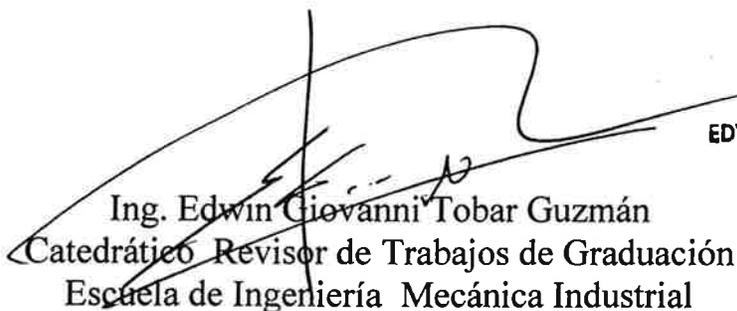


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.221.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**, presentado por el estudiante universitario **Lester Smeily Figueroa Mazariegos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

EDWIN GIOVANNI TOBAR GUZMÁN
Ingeniero Industrial
Col. 6399

Guatemala, octubre de 2012.

/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 **PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**, presentado por el estudiante universitario **Lester Smeily Figueroa Mazariegos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Roda
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE METODOLOGIA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**, presentado por el estudiante universitario **Lester Smelly Figueroa Mazariegos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Alfredo Enrique Béber Aceituno
Decano en funciones



Guatemala, 23 de noviembre de 2012

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y darme la oportunidad de lograr mis metas.
Mi madre	Patricia Mazariegos, por enseñarme con amor, dedicación y paciencia, a luchar y esforzarme por mis sueños.
Mi padre	Salvador Figueroa, por ser mi ejemplo de respeto y perseverancia en esta vida.
Mis hermanos	Dina y Hessler, que me apoyaron siempre en el camino de mi superación.
Mis amigos	Que han estado presentes en todo momento, compartiendo este increíble viaje de la vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Historia.....	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Filosofía	2
1.1.3.1. Misión	2
1.1.3.2. Visión.....	3
1.1.3.3. Política de calidad.....	3
1.1.4. Descripción de departamentos	3
1.1.4.1. Organigrama.....	4
1.1.4.2. Gerencia	6
1.1.4.3. Logística	6
1.1.4.4. Ventas	6
1.1.4.5. Contabilidad.....	6
1.1.4.6. Producción.....	7
1.1.4.7. Mantenimiento	8
1.1.5. Proceso de manufactura.....	9
1.1.5.1. Materiales	9

1.1.5.2.	Proceso de transformación.....	11
1.1.5.2.1.	Moldeado por extrusión.	12
1.1.5.2.2.	Moldeo por extrusión por soplado	13
1.1.5.2.3.	Moldeo por extrusión y coextrusión.....	14
1.1.5.2.4.	Moldeo por inyección	15
1.2.	Reciclado de plásticos.....	16
1.2.1.	Reciclado mecánico	17
1.2.2.	Reciclado químico	18
1.3.	Producción más Limpia (PML)	18
1.3.1.	Concepto	18
1.3.2.	Metodología.....	19
1.4.	Desechos y emisiones	22
2.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	23
2.1.	Análisis de desechos y emisiones.....	23
2.1.1.	Manejo de desechos	24
2.2.	Descripción de la producción	24
2.2.1.	Procedimientos.....	25
2.2.2.	Control de calidad.....	27
2.3.	Materia prima	27
2.4.	Maquinaria.....	31
2.4.1.	Sopladora de plástico	31
2.4.2.	Inyectora de plástico.....	32
2.4.3.	Impresora de envases	32
2.4.4.	Molino para plásticos.....	33
2.4.5.	Compresores	33
2.4.6.	Enfriador de agua	34

2.4.7.	Equipo auxiliar	35
2.4.8.	Análisis del mantenimiento	35
2.4.8.1.	Eficiencia del mantenimiento	36
2.4.9.	Análisis de la disponibilidad de maquinaria	37
2.5.	Reciclaje	38
2.5.1.	Método de reciclaje	38
2.5.2.	Utilización de reciclaje	39
2.6.	Embalaje de producto terminado	39
2.7.	Ambiente laboral	40
3.	PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA ...	43
3.1.	Análisis de matriz MED (Materiales, Energía y Desechos)	43
3.2.	Áreas vulnerables	45
3.3.	Recuperación, reutilización y reciclaje	46
3.4.	Controles de producción	47
3.5.	Técnica de buenas prácticas	49
3.6.	Programa de mantenimiento	51
3.7.	Mejoras tecnológicas	65
3.8.	Utilización de energía	67
3.9.	Análisis de indicadores financieros	71
4.	IMPLEMENTACIÓN	75
4.1.	Desarrollo de círculos PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar)	75
4.2.	Evaluación de costo beneficio de inversión en nuevas tecnologías	77
4.3.	Desarrollo de infraestructura	78
4.4.	Capacitación de nuevo programa de mantenimiento	80
4.5.	Integración de método 5'S en programa de mantenimiento	81

4.6.	Capacitación en Producción más Limpia	84
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL	89
5.1.	Balance de masas	89
5.2.	Control de inventarios	91
5.3.	Puntos de comparación.....	94
5.4.	Mejora continua.....	94
6.	IMPACTO AMBIENTAL	95
6.1.	Evaluación ambiental previa a implementación.....	95
6.2.	Evaluación de seguridad de empleados.....	97
6.3.	Evaluación ambiental proyectada.....	99
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	107
	APÉNDICES.....	111
	ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	5
2.	Moldeado por extrusión.....	12
3.	Moldeo por soplado.....	14
4.	Moldeado por inyección	15
5.	Nomenclatura de reciclaje de plásticos	16
6.	Esquema de los niveles de reducción de contaminación	21
7.	Diagrama de operaciones de fabricación de envases plásticos.....	26
8.	Diagrama de balance de masas.....	48
9.	Gráfica de consumo eléctrico.....	69
10.	Círculo PHVA de implementación de Producción más Limpia.....	76
11.	Formato de especificaciones de productos	91

TABLAS

I.	Usos de evaluaciones de Producción más Limpia.....	21
II.	Clasificación del Polipropeno	29
III.	Clasificación del PVC.....	30
IV.	Matriz MED de la producción de envases plásticos.....	44
V.	Clasificación OEE.....	64
VI.	Resumen de eficiencia de maquinaria	71
VII.	Etapas de implementación de las 5'S	83
VIII.	Significado de Producción más Limpia.....	85
IX.	Estrategias de la Producción más Limpia	87

X.	Evaluación ambiental de la manufactura de envases plásticos	95
XI.	Evaluación de riesgos en la manufactura de envases plásticos	98

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kW/h	Kilowatt sobre hora.
MED	Materiales, Energía y Desechos.
○	Operación
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia Generado por el Equipo.</i>
PHVA	Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.
5'S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.</i>
t	Tonelada

GLOSARIO

Ciclo	Período temporal que, una vez finalizado, vuelve a empezar.
Costo	Gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.
Desechos	Aquello que queda después de escogido o utilizado lo más servible.
Eficiencia	Óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados.
Embalaje	Envoltura que contiene productos de manera temporal principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje.
Mantenimiento	Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento.
Metodología	Conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.

Moldeado	Proceso mediante el cual se obtienen piezas echando materiales fundidos en un molde.
<i>Outsourcing</i>	Compromiso de subcontratación de servicios.
Proceso	Sistema por el cual un conjunto de recursos y actividades interrelacionadas transforman elementos de entrada en elementos de salida.
Rendimiento	Beneficio o el provecho que brinda algo o alguien.
Residuos	Material resultante de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza, cuando su poseedor o productor lo destina al abandono.
<i>Stock</i>	Cantidad de materia prima, producto y demás objetos que se tienen disponibles en bodega.

RESUMEN

En la industria manufacturera de envases plásticos las variables de mayor influencia en los costos son los recursos energéticos y la materia prima. Ambas influyen directamente los precios de venta de los productos. Debido a esto se han enfocado los esfuerzos en el control y optimización de los procesos con el fin de reducir el consumo desmedido de los recursos.

La filosofía de Producción más Limpia propone una metodología de trabajo que se basa en el estudio de la eficiencia de utilización de los recursos, implementando métodos de control y evaluación de los procesos. Además, de integrar herramientas tecnológicas que impulsan el desarrollo de innovaciones en los métodos de trabajo.

La finalidad de la propuesta es desarrollar una política ambiental que posea metas y objetivos, medibles y de un alto grado de representatividad en los niveles productivos de la empresa. Con el apoyo de una metodología que establezca los procesos y las herramientas adecuadas para cada etapa de implementación.

La planeación y organización, evaluación de planta, estudio de factibilidad e implementación son las bases del desarrollo de una estrategia de Producción más Limpia. El enfoque de cada elemento mencionado es reducir el impacto ambiental e incrementar la productividad de la empresa.

El análisis de la producción inicia en la medición de la eficiencia energética y del balance de masas en los procesos productivo. Obteniendo los datos necesarios se puede realizar la evaluación de los sectores de mayor vulnerabilidad, determinando las estrategias que prevengan la generación de desechos y emisiones.

Actualmente la maquinaria tiene una eficiencia operativa del 59,37%, integrando un programa de mantenimiento preventivo se busca el incrementar su eficiencia al 80%, reduciendo las variaciones de la producción como meta inicial. Este proceso es paralelo a la implementación de nuevas tecnologías que incrementan la eficiencia energética de la maquinaria, reduciendo las pérdidas energéticas en operaciones mecánicas o fugas.

Se aplican filosofías de mejora continua con el fin de crear las condiciones propicias para la implementación de las innovaciones tecnológicas y organizacionales. Las filosofías utilizadas son las 5'S que impulsa el mejoramiento de las áreas de trabajo y el ordenamiento de los proceso; y reducir, reutilizar y reciclar, que se enfoca en el manejo de los materiales y residuos, maximizando la utilización de la materia prima.

Los logros ambientales son medidos por medio del porcentaje de reducción de consumo eléctrico y de utilización de materia prima. Estos resultados tienen una relación directa en la reducción de los costos operativos de la empresa, brindándole una oportunidad de desarrollo e impulso económico.

El retorno de la inversión en nuevas tecnologías está estimado en entre 3 a 8 años, en los cuales la organización una reducción del 20% anual del consumo de recursos energéticos.

La relación gana-gana con el medio ambiente y la empresa se debe mantener mediante controles y evaluaciones, tanto de productividad como ambientales. Este proceso impulsa la mejora continua en los procesos y de la calidad de los productos, llevando a la empresa a nuevos niveles de competitividad.

OBJETIVOS

General

Elaborar una metodología para integrar una estrategia de Producción más Limpia en una empresa manufacturera de envases plásticos.

Específicos

1. Efectuar un análisis del manejo de los desechos y emisiones que son producto de fabricación de envases plásticos.
2. Determinar la importancia del control en la utilización de los materiales y su impacto en los niveles de utilización de recursos energéticos.
3. Establecer herramientas de evaluación y control de la eficiencia de los procesos que apoyen la toma de decisión.
4. Utilizar herramientas de la filosofía de calidad 5'S que permitan un fácil cambio en los procedimientos actuales de mantenimiento y la implementación de nuevos programas.
5. Diseñar un programa de mantenimiento preventivo apoyado de indicadores que califiquen la calidad de los procedimientos de mantenimiento.

6. Establecer herramientas de control de los recursos energéticos e indicadores que determinen su nivel de aprovechamiento.

INTRODUCCIÓN

El derroche de los recursos energéticos y el sobreconsumo de materiales en una empresa, desequilibra su funcionamiento estancando su desarrollo. La estrategia de Producción más Limpia propone una metodología que optimiza la utilización de los recursos por medio de herramientas de control y evaluación.

La industria manufacturera de envases plásticos realiza procesos que requieren un alto consumo energético para la elaboración de sus productos, los altos costos de los servicios de suministro energético ha llevado a la búsqueda de alternativas que aporten una mejora en su eficiencia como empresa, que le permita obtener una mayor participación dentro del mercado.

La Producción más Limpia establece una relación gana-gana con el medio ambiente y la empresa, regulando la cantidad de desechos y emisiones generados durante manufactura de los productos y, reduciendo el costo de producción e incrementado la productividad mediante estrategias y tecnologías amigables con el ambiente.

Esta propuesta tiene como fin establecer una metodología para el desarrollo de un programa de Producción más Limpia, determinando las herramientas para la implementación y control del mismo. Enfocando sus objetivos en alcanzar niveles más altos de competitividad para la empresa.

La prevención de la contaminación es establecida con una política ambiental, que promueve una reestructuración en los distintos métodos de trabajo y de las condiciones laborales. Beneficiando a la empresa y a su fuerza laboral propiciando su desarrollo integral.

La mejora continua en la organización, se establece como la estrategia central, buscando cada día superar las metas establecidas y determinando objetivos más ambiciosos. Ampliando así, la probabilidad de desarrollo y crecimiento económico.

El desarrollo de un programa de este carácter busca la optimización de las operaciones de la empresa adecuando este proceso a alternativas que reducen su impacto ambiental, aumentando la productividad en la empresa.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Empresa que se dedica a transformar polímeros en envases plásticos para las industrias:

- Industria alimenticia
- Farmacéutica
- Química
- Petroquímica
- Agroquímica
- Comercio en general

1.1.1. Historia

Lacoplast S.A., fue fundada hace más de 35 años, fabricando envases plásticos de capacidades que van desde 0,33 a 220 litros. Dada la gran versatilidad de productos con la que cuenta, se puede atender a la industria alimenticia, farmacéutica, química, petroquímica, agroquímica y comercio en general.

Para cumplir con estos requerimientos de producción, Lacoplast S.A., cuenta con las Áreas de Soplado, Inyección, Serigrafía y Etiquetado, que le permiten satisfacer diversas necesidades de los clientes.

“Somos una gran familia y contamos con alrededor de 190 colaboradores distribuidos en nuestra planta de producción.

Desde marzo de 1997, se fabrica bajo licencia de Máuser de Alemania el barril El anillado, envase con capacidad de 220 litros y cuya calidad, dadas sus condiciones de diseño y fabricación, son una excelente opción para la industria de la región. Esto nos consolida como líderes de la región Centroamericana en la fabricación de envases de 20 a 220 litros.

Nuestro compromiso es fabricar envases plásticos con calidad garantizada y de mejor servicio de mercado.”¹

1.1.2. Ubicación

24 avenida 19-05 zona 12 sobre la Calzada Atanasio Tzul, ciudad de Guatemala.

1.1.3. Filosofía

Los lineamientos filosóficos de la organización son los siguientes:

1.1.3.1. Misión

“Contribuir al éxito de nuestros clientes, haciendo que sus productos lleguen a los consumidores de una manera segura, atractiva, cómoda, eficiente y económica.

¹ Entrevista con el Ingeniero Alfredo Beneitez, Gerente General, Lacoplast S.A.

² KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R. Manufactura, ingeniería y tecnología. p. 199.

Esta mezcla nos obliga a entender sus diferentes necesidades y, a través de la tecnología, la mejora continua y la dedicación a la calidad, encontrar soluciones integrales a precio razonable que satisfagan sus requerimientos.”

1.1.3.2. Visión

“Ser la empresa de referencia en envases plásticos en Centroamérica, México y el Caribe a través de la creación continua de valor para cada uno de sus clientes y accionistas, y la generación de oportunidades de desarrollo para sus trabajadores.”

1.1.3.3. Política de calidad

Estamos comprometidos en satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, a través de la mejora continua de nuestros productos, procesos y servicio.

Valoramos y capacitamos a nuestro recurso humano y buscamos desarrollar relaciones de largo plazo con clientes y proveedores.

Aceptamos el compromiso de establecer y mantener un sistema de calidad certificado.

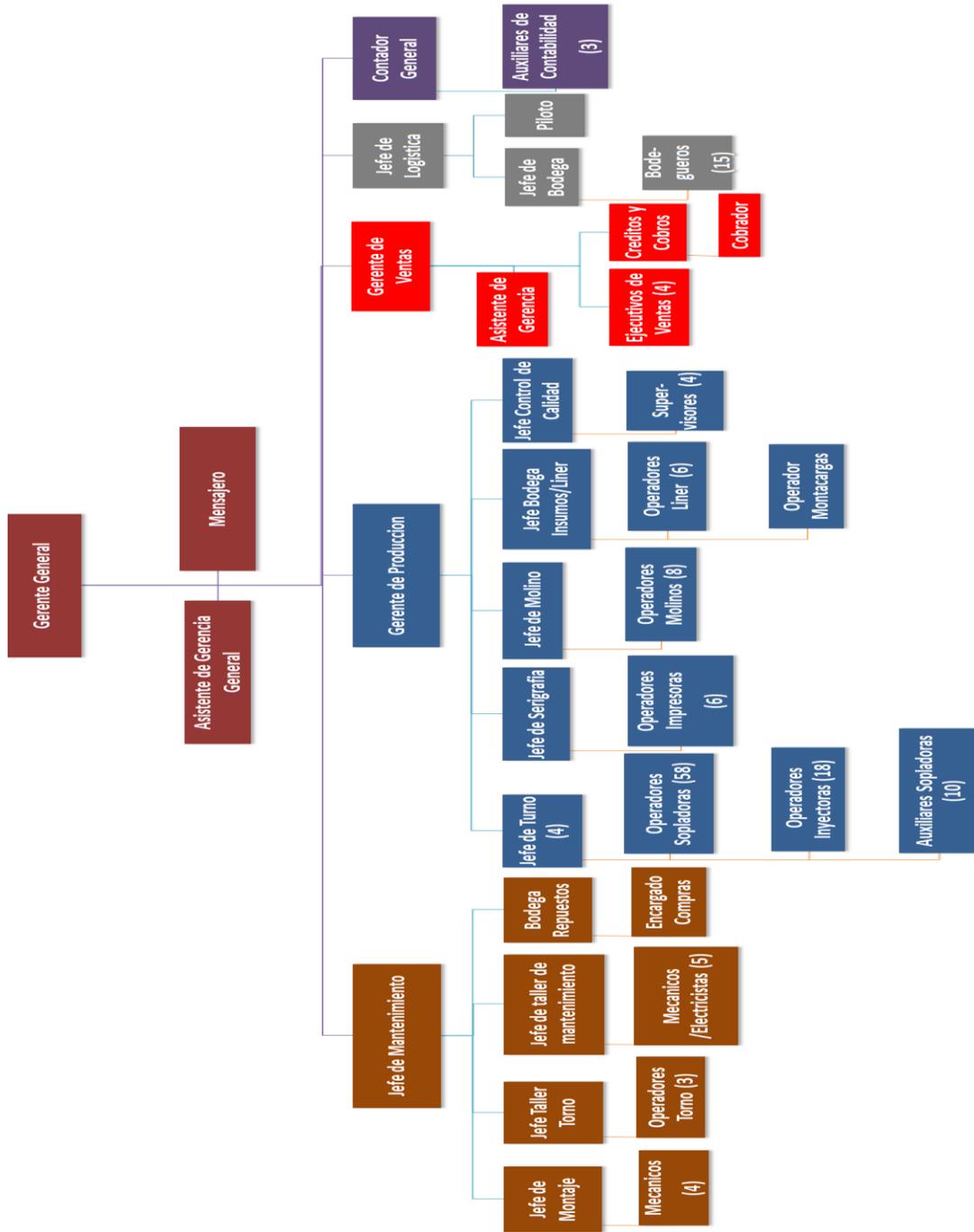
1.1.4. Descripción de departamentos

La empresa cuenta con varios departamentos en los cuales se han establecido diferentes actividades y procesos, a fin de mantener un orden en las funciones y del espacio físico.

1.1.4.1. Organigrama

La estructura organizacional de la empresa se presenta ilustrada en el siguiente organigrama:

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: Lacoplast S.A., 2011.

1.1.4.2. Gerencia

Las decisiones financieras, administrativas y operativas son responsabilidad de esta área, ya que esta abarca: la gerencia de producción, mantenimiento, logística, ventas y gerencia general.

1.1.4.3. Logística

Coordinar el embalaje, almacenaje y distribución del producto terminado, además del control del abastecimiento de materias primas. Este departamento cuenta con una sola área de trabajo la cual se describe a continuación.

Almacenaje: en esta área se resguarda la integridad física de la materia prima y del producto terminado; además se realiza los procesos de abastecimiento del área de producción y distribución de producto terminado.

1.1.4.4. Ventas

La organización cuenta con una fuerza de ventas, que tiene a su cargo mantener el contacto directo con los clientes y generar ingresos económicos a la empresa estableciendo relaciones de negocios por ententes que sean parte del grupo objetivo de la organización.

1.1.4.5. Contabilidad

El Departamento de Contabilidad, controla todos los procesos financieros y presupuestarios de la organización, con el fin de mantener indicadores económicos ventajosos que permitan a la empresa cumplir con las metas.

1.1.4.6. Producción

El control y evaluación del proceso productivo es responsabilidad del Departamento de Producción, teniendo a su cargo la producción y la calidad del producto. Para llevar a cabo su labor, este departamento cuenta con diversas áreas que contribuyen a la elaboración del producto final.

Soplado: para el proceso de soplado se cuenta con 28 máquinas sopladoras de plástico, que se encargan de realizar el moldeado de los envases con el método de extrusión por soplado. Esta sección es la más grande dentro de la planta, debido las dimensiones de la maquinaria y al espacio necesario para su montaje.

Inyección: el proceso de moldeo por inyección es elaborado en la sección de inyección, cuenta con 9 inyectoras de plástico, que elaboran diferentes productos como: tapa roscas, vasos, tapas de presión, agarradores, etc.

Serigrafía: se cuenta con cuatro impresoras; área de artes; y almacenaje de tintas, para el proceso de serigrafía en los envases.

Molino: cuenta con tres molinos trituradores de plásticos, que Trituran la colada generada en el proceso y producto fallado, para restaurar la materia prima y ser reutilizada en el proceso de producción.

Control de calidad: el proceso de inspección del producto terminado es llevado a cabo por el Departamento de Control de Calidad. En este departamento se evalúa de forma periódica la producción en curso y realiza una inspección final del producto que es almacenado, comprobando el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para cada modelo de envase.

1.1.4.7. Mantenimiento

El mantenimiento de la maquinaria y del edificio son realizados por este departamento. Tiene la responsabilidad de mantener en funcionamiento continuo la maquinaria y todo lo relacionado con el proceso productivo. Este departamento cuenta con las siguientes áreas:

Montaje de moldes: esta área se encarga de realizar los cambios de moldes programados por el Departamento de Producción, así como los ajustes necesarios en la maquinaria para el cumplimiento de las especificaciones de los envases. Los trabajos de preparación de maquinaria y pruebas son realizadas de forma técnica por esta sección.

Tornos: la maquinación de piezas metálicas para el montaje de moldes o trabajos de mantenimiento correctivo es elaborada por esta sección. Se utiliza máquinas herramientas para el cumplimiento del trabajo requerido que y según las necesidades a satisfacer.

Máquinas: la maquinaria utilizada en la sección de soplado, inyección, serigrafía y molinos requiere un suministro continuo de aire comprimido y agua refrigerada, para los mecanismos de moldeado, limpieza y enfriamiento. Estos servicios son administrados por la sección de máquinas, que suministra aire comprimido mediante compresores de tornillo, y agua refrigerada mediante enfriadores de agua o *chillers*. El control del nivel adecuado de suministro es supervisado desde esta área.

1.1.5. Proceso de manufactura

El proceso de fabricación de un envase plástico se inicia desde la selección de la materia prima adecuada. Luego se le aplica el proceso de manufactura que el producto requiera para su conformado, y finaliza con una etapa de acabados y embalaje.

La selección de la materia prima y del proceso de conformado son las etapas de mayor importancia, ya que brindan al envase las características necesarias para el cumplimiento de los parámetros de calidad.

1.1.5.1. Materiales

Los polímeros son los materiales utilizados en la manufactura de envases, son una clase principal de materiales y poseen una muy amplia gama de propiedades mecánicas, físicas, químicas y ópticas.

En comparación con los metales, los polímeros en general se caracterizan por una menor densidad, resistencia, modulo elástico, conductividad térmica y eléctrica y costo, así como una relación de resistencia a peso más alta, una resistencia a la corrosión más elevada, dilatación térmica más alta, una selección de colores y de transparencias más amplia y una mayor facilidad para su manufactura en formas complejas.

Los plásticos están formados de moléculas de polímeros y de varios aditivos. La unidad repetitiva más pequeña de una cadena de polímeros se llama mero. Los monómeros se enlazan mediante procesos de polimerización

para formar partículas más grandes. “La temperatura de transición vítrea separa el comportamiento frágil del comportamiento dúctil.”²

Las propiedades de los polímeros dependen del peso moléculas, de la estructura (lineal, ramificada, de enlace cruzado o en red), del grado de polimerización, de la cristalinidad y de los aditivos.

Los aditivos tienen funciones como la mejoría de la resistencia, el retardar la flama, la lubricación, el impartir flexibilidad y color, proporcionar estabilidad contra la radiación ultravioleta y el oxígeno

Las dos clases principales de polímeros son los termoplásticos y los termoestables. Los termoplásticos se ablandan y se hacen fáciles de formar a temperaturas elevadas, regresan a sus propiedades originales al enfriarse. Su comportamiento mecánico se puede caracterizar mediante varios modelos de resorte y amortiguador. Incluyen fenómenos como escurrimiento plástico y la relajación de esfuerzos, las cuarteaduras y la absorción de agua.

Los termoestables, que se obtienen al entrelazar cadenas de polímeros, no se ablandan en ningún grado significativo al incrementarse la temperatura. Son mucho más rígidos y duros que los termoplásticos, y ofrecen menos alternativas de color.

Origen de los polímeros:

- Polímeros naturales: existen en la naturaleza muchos polímeros y las biomoléculas que forman los seres vivos son macromoléculas

² KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R. Manufactura, ingeniería y tecnología. p. 199.

poliméricas. Por ejemplo, las proteínas, los ácidos nucleicos, los polisacáridos (como la celulosa y la quitina), el hule o caucho natural, la lignina, etc.

- Polímeros semisintéticos: se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado, etc.
- Polímeros sintéticos: estos se obtienen industrialmente a partir de los monómeros. Por ejemplo, el nylon, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (PVC), el polietileno, etc.

1.1.5.2. Proceso de transformación

El proceso de transformación de los polímeros se determina en función del tipo de plástico que se desee trabajar:

Procesos para termoplásticos: la secuencia más común para procesar este material es mediante la aplicación de calor, dándole la forma deseada por medio de moldes que luego son enfriados para obtener la pieza final.

Procesos para plásticos termoestables: estos son procesados primeramente desde que son parcialmente polímeros. De allí son activados por medio de calor, obteniendo las piezas deseadas mediante el uso de presión y manteniendo la temperatura de curado hasta que la polimerización haga que la pieza se endurezca lo suficiente como para mantener su forma.

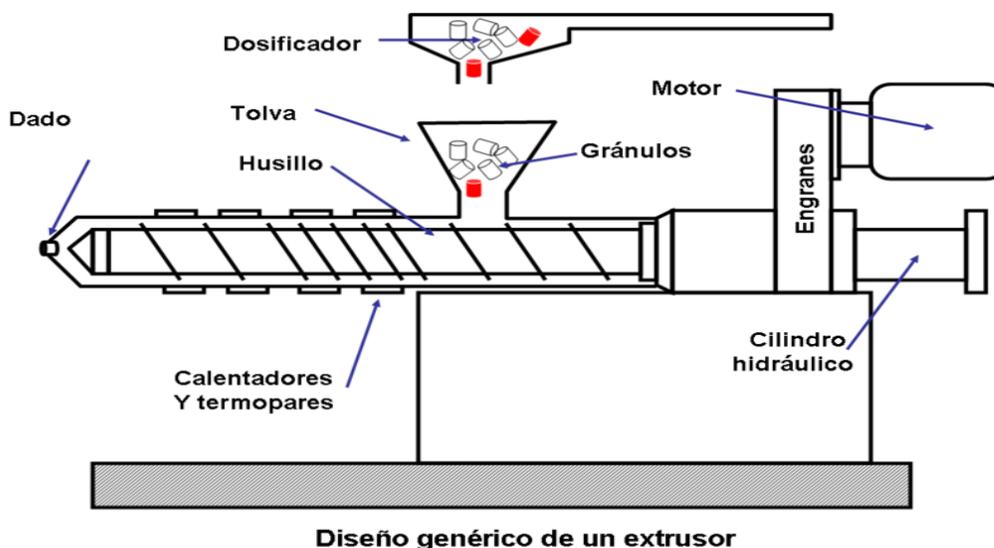
El proceso adecuado para un producto siempre dependerá del diseño del mismo, ya que cada proceso tiene diferentes tipos capacidades, que varían desde la tolerancia dimensional hasta el grosor mínimo deseado de las paredes de la pieza.

1.1.5.2.1. Moldeado por extrusión

Este proceso es llevado a cabo utilizando una máquina llamada extrusor. La materia prima en forma de granos pequeños se introduce por un embudo en un cañón calentado, donde un cilindro con rosca de tornillo la transporta a lo largo del tubo.

El polímero fundido, es forzado a pasar a través de un dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón; y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido.

Figura 2. Moldeado por extrusión



Fuente: www.profecarolinaquinodoz.com. Consulta: 20 de octubre de 2011.

1.1.5.2.2. Moldeo por extrusión por soplado

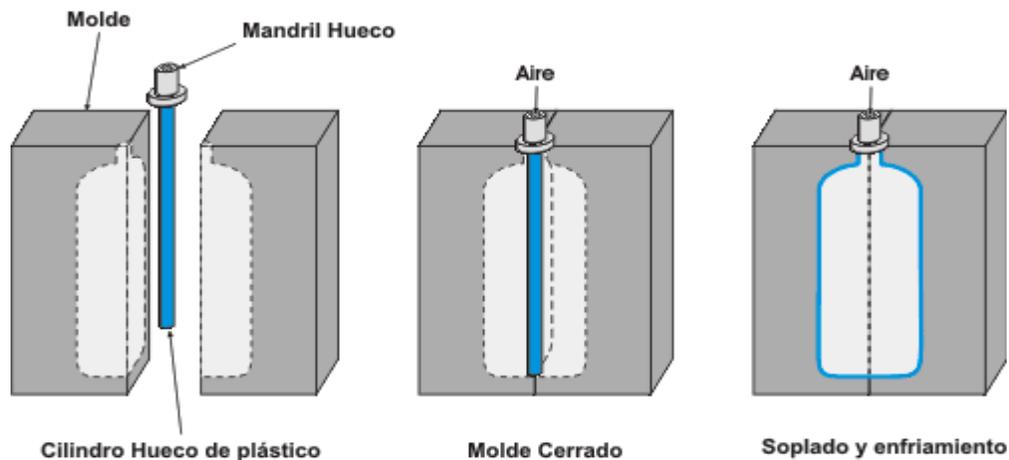
La técnica de extrusión por soplado es un proceso que se utiliza para la fabricación de artículos destinados al envasado, almacenamiento, transporte o bien para llevar líquidos u otras sustancias a granel, ya sean, botella, tanques industriales para combustibles o cualquier otro líquido. Se puede moldear todo tipo de termoplásticos por medio del proceso de moldeo por soplado.

“Los materiales más utilizados son los termoplásticos amorfos como policloruro de vinilo (PVC), el policarbonato (PC) y los termoplásticos semicristalinos como el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y la poliamida (PA). Además, como requisitos hay que tener en cuenta el grado de viscosidad adecuado del material y el rango de temperatura de transformación de los materiales, al fabricar los artículos para optimizar sus propiedades.”³

Es un proceso usado para hacer formas huecas como botellas o recipientes. Un cilindro plástico de paredes delgadas llamado *parrison* es extruido y luego cortado en el largo que se desea. A continuación, el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior, cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.

³ PÉREZ, Carlos. Compilado de manufactura de polímeros. Guatemala 2004. p. 6.

Figura 3. **Moldeo por soplado**



Fuente: www.textoscientificos.com. Consulta: 20 de octubre de 2011.

1.1.5.2.3. **Moldeo por extrusión y coextrusión**

La fabricación mediante moldeo por soplado permite la fabricación de botellas con dos o más capas. Las ventajas de este tipo de procesos incluye la posibilidad de crear efectos de colores iridiscentes. También ayudan a disminuir el costo de los materiales y permiten unir diferentes características de polímeros como pueden ser ópticas y de permeabilidad.

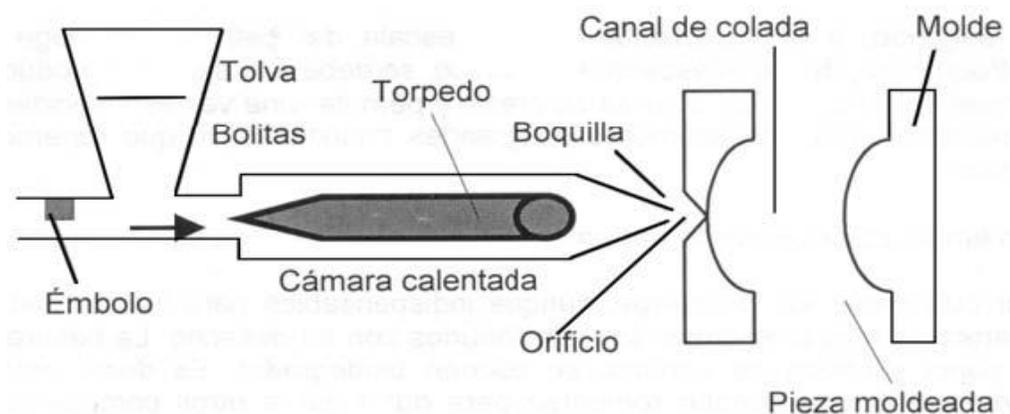
El *parrison* extruido incluye todas las capas necesarias que en forma de tubo ingresan al molde, igual que el *parrison* de monocapa. El control automático de las máquinas modernas junto con un dado de alta calidad, permite extruir las proporciones de las capas de acuerdo con lo programado, así como un control en la cantidad de material requerido de acuerdo con la geometría de la botella a moldearse.

1.1.5.2.4. Moldeo por inyección

Un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño.

Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido como para llegar al molde frío donde toma forma la pieza deseada. El polímero estará lo suficiente fluido como para llenar el molde frío. Pasado un tiempo breve dentro del molde cerrado, el plástico solidifica, el molde se abre y la pieza es removida.

Figura 4. Moldeado por inyección



Fuente: <http://www.preparatoriaabierta.com.mx>. Consulta: 13 de noviembre de 2011.

1.2. Reciclado de plásticos

Los polímeros termoplásticos se reciclan reduciéndolos a partículas utilizando trituradoras, para luego ser fundidas, volviendo así a formar otros productos mediante proceso de termoformado. Esos productos ostentan símbolos de reciclado, en la forma de un triángulo formado por tres flechas orientadas con las manecillas de un reloj y con un número en medio. Estos números corresponden a los plásticos siguientes:

- PET (tereftalato de polietileno)
- HDPE (polietileno de alta densidad)
- V (vinilo)
- LDPE (polietileno de baja densidad)
- PP (polipropileno)
- PS (poliestireno)
- Otros

Figura 5. Nomenclatura de reciclaje de plásticos



Fuente: <http://www.tupperware.es>. Consulta: 19 de octubre de 2011.

1.2.1. Reciclado mecánico

El reciclado mecánico, es un proceso físico mediante el cual el plástico postconsumo o el industrial que es recuperado, permitiendo su posterior utilización. Los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

- Los residuos plásticos proveniente de los procesos de fabricación, es decir, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. Esta clase de residuos se la denomina *scrap*. El *scrap* es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación (como el termoformado) generan el 30-50% de *scrap*, que normalmente se recicla.
- Los residuos plásticos proveniente de la masa de residuos sólidos urbanos.

Estos se dividen a su vez en tres clases:

- Residuos plásticos de tipo simple: han sido clasificados y separados en función de la clase.
- Residuos mixtos: los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.
- Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos: papel, cartón, metales, etc.

1.2.2. Reciclado químico

Se trata de diferentes procesos mediante los que las moléculas de los polímeros son rotas dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos.

1.3. Producción más Limpia (PML)

Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), Producción más Limpia se define como:

1.3.1. Concepto

“Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.”⁴

- En los procesos de producción, la PML aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.
- En el desarrollo y diseño del producto, la PML aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto; desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- En los servicios, la PML aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios. Como se mencionó

⁴ ONUUDI. Manual de producción más limpia. Libro de texto 1. p. 3.

anteriormente, la PML es la aplicación continua de una estrategia y metodología preventivas.

En general, los beneficios derivados de la PML 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, etc.

1.3.2. Metodología

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.

Un proyecto de PML sigue una metodología establecida y consta de los siguientes elementos:

Colecta de datos - flujo de masa, flujo de energía, costos y seguridad: éste es uno de los pasos básicos y más importantes, a menudo consume mucho tiempo: la descripción apropiada de la situación actual. Mientras mejor se conozcan los procedimientos y datos reales, mejor será la aplicación de las opciones adecuadas de PML.

Reflexión: dónde y por qué se generan desechos: después de la colecta de datos, éstos se analizan y reflejan según los principios de PML.

Generación de opciones: a partir del análisis se generan las opciones de PML. Surgirán algunas nuevas, creativas y/o ya muy conocidas, teniendo como objetivo una reducción en la fuente por medio de buenas prácticas, modificación del producto o proceso, cambios orgánicos, reciclaje interno o externo.

Análisis de viabilidad: para las opciones seleccionadas, se analizará la viabilidad económica, técnica y ecológica.

Implementación: en este paso se implementan las opciones de PML. Ya sea después de proceder con los pasos previos, pero muy a menudo se llevan a cabo las opciones directamente sin el análisis de viabilidad detallado.

Control y continuación: probablemente el aspecto más significativo y desafiante es el establecimiento de una forma sistemática de mejoramiento exitoso y continuo. Aquí se necesita el control ambiental, el establecimiento de nuevas metas y objetivos y la implementación continua.

Los análisis en la compañía como se usan en un proyecto/programa de PML pueden usarse para cinco tipos diferentes de evaluaciones:

Tabla I. **Usos de evaluaciones de Producción más Limpia**

Evaluación del análisis de la compañía		Para el uso por
Informe regular, control ecológico	.=>	Dirección
Plan de manejo de desechos	.=>	Autoridades/compañía
Análisis de debilidades ecológicas/económica	.=>	Personal / dirección
Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14 001)	.=>	Socios comerciales / Clientes
Informe ambiental	.=>	Público

Fuente: UNUDI. Manual de Producción más Limpia. p. 4.

Con la implementación de PML 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.

Figura 6. **Esquema de los niveles de reducción de contaminación**



Fuente: ONUDI, 1999.

El proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción (figura 1), dentro de los cuales se encuentran los niveles preventivos (la reducción y el reciclaje/reutilización) y los de control (tratamiento y disposición final).

1.4. Desechos y emisiones

Según el Acta de Gestión de Desechos, los desechos se definen como:

Objetos móviles los cuales el dueño quiere eliminar o ya ha eliminado, o que deben recogerse y tratarse como desechos por el interés del público.

Los desechos y las emisiones son materias primas y materiales del proceso (en su mayoría adquiridos a muy alto costo) que no se han transformado en productos comerciables o en materias primas para ser usados como insumo en otro proceso de producción. Incluyen todos los materiales sólidos, líquidos y gaseosos que se emiten al aire, agua o tierra, así como el ruido y el calor residual. El proceso de producción también comprende actividades que menudo se tiende a olvidar, como mantenimiento, reparación, limpieza así como el área de oficinas.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis de desechos y emisiones

Según las estadísticas del departamento de mantenimiento se producen 720 descargas diarias de agua de los servicios sanitarios de todas las instalaciones. Dichas descargas son de 8 litros cada una, esto da un resultado de 5 760 litros de agua diarios los necesarios para los servicios sanitarios.

En total se recolecta 4 toneladas mensuales de desechos sólidos en toda la empresa, ya que no existe un sistema de recolección donde se pueda diferenciar el origen de los desechos. Entre estos se encuentra la papelería de oficina, desechos orgánicos, materia prima que cae al suelo, polvo, embalaje de materia prima, residuos de mantenimiento y de la recolección de limpieza del edificio.

En el área de máquinas, se acumulan aceites que son producto del mantenimiento de maquinaria, así como, mezclas de aceite y agua que son producto de los filtros del tratamiento de secado del aire comprimido. En el área de montaje de moldes, torno y mantenimiento se recolecta una variedad de materiales como mangueras, residuos metálicos y electrónicos, etc. Estos son producto de cambios, reparación y mecanización de piezas o elementos de la maquinaria.

Cuando se realizan cambios de las características físicas del envase en la maquinaria es necesario limpiar las piezas que tienen contacto con el material fundido.

Los residuos acumulados en las piezas metálicas son quemados en su totalidad. La combustión de los residuos plásticos produce gases tóxicos como el gas clorhídrico (CLH), este tipo de gas es nocivo para la salud de los trabajadores.

2.1.1. Manejo de desechos

La mayoría de los desechos sólidos son descartados de forma directa al sistema de recolección municipal de basura, los únicos desechos que son clasificados antes de ser descartados son los generados por mantenimiento, ya que son evaluados para su almacenaje y ser utilizados en un futuro.

Los desechos líquidos son evacuados mediante drenajes los cuales llegan a la red municipal de aguas negras, sin ninguna evaluación o clasificación.

2.2. Descripción de la producción

La producción se basa en un sistema productivo intermitente, la programación de la producción es creada en base a las ventas reales del producto.

El ritmo del proceso depende de la programación de maquinaria y de los acabados del producto como serigrafía o etiquetado, el tiempo requerido para completar cada pedido depende de la eficiencia de la máquina y de las especificaciones que debe cumplir del producto.

Las actividades manuales realizadas por los operarios dentro del proceso productivo son:

- Carga de materia prima en la maquinaria
- Encendido
- Descarga de producto terminado
- Cortes de acabado (eliminación de *scrap*)
- Embalaje

Cada operario es encargado de realizar estas actividades de forma continua ya que el ritmo de producción es establecido por la maquinaria y el llevar un ritmo menor al de la maquinaria le significaría acumular producto sin terminar.

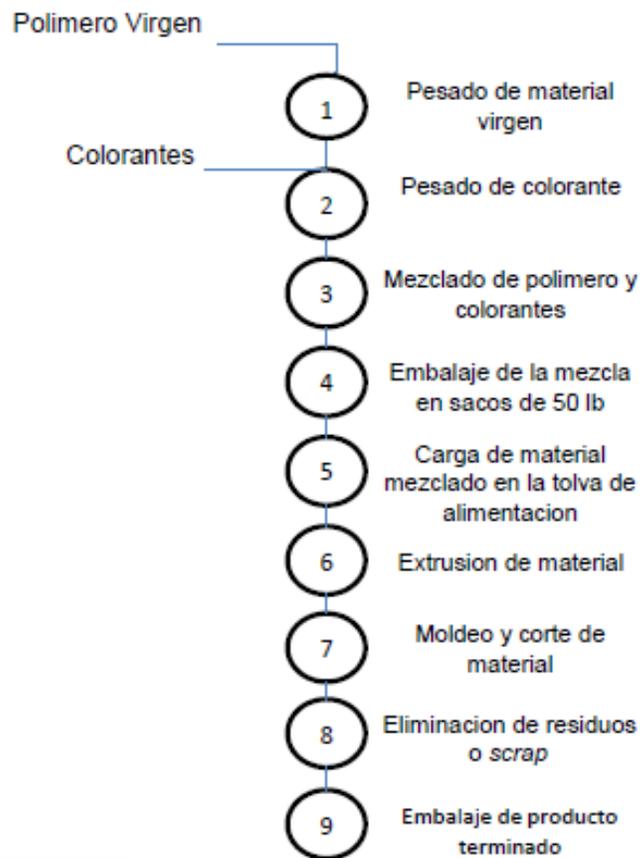
Cuando se comete un error en el proceso de cortes de acabado, el producto es descartado y se acumula para ser reciclado.

2.2.1. Procedimientos

La manufactura de envases plástico es regida por el proceso establecido en la figura 7, este es el proceso básico y fundamental para los demás subprocesos correspondientes a cada uno de los productos que se manufacturan en la empresa, se constituye como el punto de partida para cualquier producto que se quiera obtener a partir de polímeros.

Figura 7. Diagrama de operaciones de fabricación de envases plásticos

DIAGRAMA DE OPERACIONES			
		Hoja:	1/1
Empresa:	Lacoplast S.A.	Departamento:	Produccion
Proceso:	Fabricacion de envases plasticos	Método:	Actual
Fecha:	Septiembre 2011	Elaborado por:	Lester Figuero Mazariegos



RESUMEN		
ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD
OPERACIÓN	○	9

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Control de calidad

La calidad de los productos es asegurada por los estándares que proporcionan una selección de cualidades para cada producto, que se debe cumplir al ser evaluadas por el Departamento de Control de Calidad.

Las especificaciones varían según el modelo del producto y de las necesidades del cliente. Estas se deben cumplir de forma estricta debido a que los envases serán utilizados para realizar el embalaje de los productos de los clientes, y deben preservar las propiedades y la integridad del producto de forma adecuada.

La producción es evaluada constantemente por el departamento de control de calidad, seleccionando una muestra al azar cada hora. Se evalúa el color, peso, resistencia y tolerancias según el modelo de producto. Los productos que no cumplan con las especificaciones son retirados y acumulados para el proceso de reciclaje.

Al finalizar un lote de producto es revisado nuevamente por control de calidad, supervisando las operaciones manuales y de embalaje de producto. De ser encontradas fallas en el producto se rechaza el producto y es acumulado para el proceso de reciclaje.

2.3. Materia prima

Los materiales más utilizados en la elaboración de envases plásticos son los polímeros termoplásticos. Sus propiedades físicas, químicas y tecnológicas le permiten adecuarse a los procesos de moldeado por soplado e inyección. Entre los materiales de esta clase se utilizan los siguientes:

Polietileno

El polietileno pertenece al grupo de los polímeros de las poliolefinas, que provienen de alquenos (hidrocarburos con dobles enlaces). Son polímeros de alto peso molecular y poco reactivo, debido a que están formados por hidrocarburos saturados. Sus macromoléculas no están unidas entre sí químicamente, excepto en los productos reticulados.

Los polietilenos se clasifican principalmente en base a su densidad (de acuerdo al código ASTM) como:

- Polietileno de Baja Densidad (PEBD o LDPE)
- Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD o LLDPE)
- Polietileno de Alta Densidad (PEAD o HDPE)
- Polietileno de Alta Densidad Alto Peso Molecular (HMW-HDPE)
- Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE)

Si la densidad del polietileno aumenta, aumentan también propiedades como la rigidez, dureza resistencia a la tensión, resistencia a la abrasión, resistencia química, punto de reblandecimiento e impacto a bajas temperaturas. Sin embargo, este aumento significa una disminución en otras propiedades como el brillo, resistencia al rasgado y la elongación.

Polipropileno

El polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las poliolefinas y que se obtiene a partir de la polimerización del propileno, el cual es un gas incoloro en condiciones normales de temperatura y presión, que licúa a -48 °C. También se conoce al propileno como propeno.

El polipropileno puede ser clasificado de la siguiente manera:

Tabla II. **Clasificación del Polipropeno**

Clasificación por:	Derivados
Materias primas	Homopolímero
	Copolímero Impacto
	Copolímero Random
Estructura química	Isotáctico
	Sindiotáctico
	Atáctico

Fuente: elaboración propia.

PVC

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un polímero termoplástico resultante de la asociación molecular del monómero cloruro de vinilo.

Por sí solo es el más inestable de los termoplásticos, pero con aditivos es el más versátil y puede ser sometido a variados procesos para su transformación, lo que le ha hecho ocupar, por su consumo, en el segundo lugar mundial detrás del Polietileno.

El PVC puede clasificarse de cuatro maneras:

Tabla III. **Clasificación del PVC**

Clasificación por:	Derivados
Método de producción	Suspensión, dispersión, masa y solución
Peso Molecular	Alto, medio y bajo
Tipo de Monómeros	Homopolímeros y copolímeros
Formulación	Rígido y flexible

Fuente: elaboración propia.

El PVC es un material esencialmente amorfo con porciones sidiotácticas que no constituyen más de 20% del total, generalmente cuenta con grados de cristalinidad menores.

La gran polaridad que imparte el átomo de cloro transforma al PVC en un material rígido. Algunos de sus grados aceptan fácilmente diversos plastificantes, modificándolo en flexible y elástico. Esto explica la gran versatilidad que caracteriza a este polímero, empleado para fabricar artículo de gran rigidez y accesorios para tubería, productos semiflexibles como perfiles para persianas y otros muy flexibles como sandalias y películas.

Del proceso de suspensión y masa, se obtienen partículas de 80 a 200 micras, por dispersión de 0,2 a 4 micras y por solución de 0,2 micras. La configuración de las partículas de PVC, varía desde esferas no porosas y lisas hasta partículas irregulares y porosas.

El PVC especial para compuestos flexibles, debe poseer suficiente y uniforme porosidad para absorber los plastificantes rápidamente. Para compuestos rígidos, la porosidad es menos importante, debido a que a menor rango se obtiene mayor densidad aparente.

Para formular un compuesto de PVC, se requiere escoger la resina conforme a los requerimientos en propiedades físicas finales, como flexibilidad y aplicación para un producto determinado.

2.4. Maquinaria

El proceso de transformación de polímeros requiere de maquinaria que realice el proceso de moldeo y de maquinaria que proporcione el servicio de aire comprimido y agua refrigerada. El proceso de serigrafía y etiquetado es realizado por maquinaria especializada para dichos procesos.

2.4.1. Sopladora de plástico

Esta máquina es encargada de realizar el moldeo de los polímeros mediante extrusión por soplado. Las sopladoras funcionan de forma automática, reduciendo la intervención del operario al control y carga de materia prima. La materia prima es administrada por una tolva de almacenaje, cargada de forma manual por el operario de la maquinaria.

Consta de un motor eléctrico el cual genera el movimiento giratorio de un tornillo que transporta la materia prima dentro un cilindro, que cuenta con sectores con calefacción. La sección de calefacción se compone de resistencias de banda eléctricas, con un sistema de control de temperatura mediante termocouplas.

El material fundido llega a un husillo donde un pistón hidráulico ejerce presión para que el material sea extruido, pasando por un dado, que forma el *parrison*.

El *parrison* presionado y cordato por un molde de dos piezas impulsado por un sistema hidráulico, es sometido a una corriente interna de aire comprimido, que hace que el material se adhiera al molde y tome la forma deseada. Previo a que el molde se abra, una corriente de agua fría realiza el proceso de fraguado del molde, disminuyendo la temperatura del material rápidamente y adquiere la dureza requerida por los estándares de calidad. Luego el molde suelta la pieza terminada y cae por una canal para su inspección.

2.4.2. Inyectora de plástico

El funcionamiento de esta máquina es similar al de la sopladora de plástico, la diferencia es el proceso de moldeado, realiza el moldeado de polímeros por inyección.

El moldeado por inyección no utiliza aire comprimido para moldear la pieza, la forma de las piezas es obtenida por la presión a la que es expuesto el material en los moldes.

2.4.3. Impresora de envases

Las impresoras de envases son máquinas que realizan el proceso de serigrafía, aplicando capas de pintura una sobre otra hasta lograr el arte deseado.

Para este proceso es necesario precalentar los envases, el proceso es conocido como flameado, con esto el poro del material es abierto y la pintura se adhiere a la superficie de una forma adecuada.

Luego se aplican las capas de pintura y el envase pasa por un proceso de secado rápido en un horno que le dar las características finales de adherencia y brillo a la pintura.

2.4.4. Molino para plásticos

El proceso de reciclaje del *scrap* y del producto con fallas es realizado por los molinos para plásticos, estas son máquinas que trituran el plástico con un sistema de navajas rotativas, que permiten reducir los materiales a una dimensión adecuada para su utilización en las máquinas de termoformado.

2.4.5. Compresores

Los compresores usados para el mantener un sistema de aire comprimidos, son los de tipo rotativos, estos son seleccionados por ser los más eficientes y silenciosos del mercado.

Se denominan compresores rotativos a aquellos grupos que producen aire comprimido por un sistema rotatorio y continuo, es decir, que empujan el aire desde la aspiración hacia la salida, comprimiéndolo.

Los compresores con los que se cuenta son los de tipo tornillo que esencialmente se componen de un par de rotores que tienen lóbulos helicoidales de engrane constante.

2.4.6. Enfriador de agua

Un enfriador o *chiller* es una unidad enfriadora de líquidos. Los aires acondicionados y los deshumidificadores acondicionan el aire, mientras que un *chiller*, usando la misma operación de refrigeración, enfría el agua, aceite o cualquier otro fluido.

Un *chiller* de agua es un sistema de refrigeración que típicamente consiste de condensador, compresor, evaporador o intercambiador de calor, bomba de agua, válvula de expansión, controles de temperatura y otros componentes.

Se dispone de *chillers* enfriados por aire los cuales requieren un condensador de aire, este tipo de *chillers* son los más comunes por la comodidad de no requerir mucho mantenimiento.

Sin embargo el uso de electricidad es más alto, esto es por los motores de los abanicos en el condensador en adición al motor del compresor y bomba de agua que requieren remover el aire ambiente y recircular el agua por el proceso.

El agua refrigerada es utilizada para el funcionamiento de intercambiadores de agua-aceite que se encuentran en las inyectoras y sopladoras, estos mantiene a una temperatura uniforme el aceite utilizados en los sistemas hidráulicos de la maquinaria. El otro uso es para el fraguado del moldeado.

2.4.7. Equipo auxiliar

La maquinaria de los servicios de aire comprimido y agua refrigerada, requieren de equipos auxiliares los cuales les permite realizar la distribución y mejorar la calidad del servicio. Entre estos se encuentran los siguientes:

Secador: los secadores enfrían aire comprimido por refrigeración mecánica, removiendo la humedad y asegurando que no exista condensado en la descarga. Esto se consigue reduciendo la temperatura del aire hasta llegar al punto de rocío, separando las partículas líquidas del aire.

El aire a menor temperatura es capaz de retener menor cantidad de humedad. Esta propiedad es aprovechada para el secado de aire por los sistemas de refrigeración.

Electrobomba hidráulica: es una máquina que transforma la energía mecánica activando la energía hidráulica de un fluido incompresible, esto con el fin de mantener y una presión y velocidad dentro de un sistema hidráulico.

Este equipo es utilizado como auxiliar de los enfriadores de agua, forzando el transportar el fluido a través de toda la planta y alimenta a los equipos para realizar el proceso de refrigeración.

2.4.8. Análisis del mantenimiento

El desarrollo de la actividad de mantenimiento en la maquinaria, en su mayor parte, es programado en función de las fallas que se presenten en la maquinaria. Por lo tanto, es clasificado como un mantenimiento correctivo de emergencia.

También existe un programa de mantenimiento de lubricación el cual es llevado a cabo cada seis meses. Durante esta labor se aprovecha para realizar actividades de reparación en la maquinaria. De igual forma es aprovechado el tiempo que la maquinaria no se encuentra en uso, en este caso se puede catalogar como un mantenimiento correctivo programado.

El Departamento de Mantenimiento concentra sus esfuerzos en mantener la maquinaria con la mayor disponibilidad y fiabilidad posible, aprovechando al máximo el tiempo que la maquinaria se encuentra inactiva.

El ritmo de producción dificulta realizar un paro programado de la maquinaria para actividades de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento de área de máquinas tiene una programación establecida, que cuenta con un servicio de *outsourcing* de mantenimiento especializado en la maquinaria, el funcionamiento óptimo de la maquinaria es fundamental para el proceso de producción.

2.4.8.1. Eficiencia del mantenimiento

Con regularidad la maquinaria presenta fallos debido a que las reparaciones son momentáneas y no llegan a la raíz del problema. Esto es influenciado por la falta de tiempo para el desarrollo de un análisis profundo de las fallas y la utilización de un programa de mantenimiento correctivo de emergencia. Las inspecciones de rutina se han sustituido por acciones correctivas de emergencia, estas actividades abarcan la mayoría del tiempo disponible por el departamento de mantenimiento.

La eficiencia del departamento de mantenimiento es medida por los tiempo de requerido para realizar las operaciones correctivas, cambios de moldes y en la forma que es administrado el presupuesto del departamento.

2.4.9. Análisis de la disponibilidad de maquinaria

La disponibilidad de la maquinaria representa la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado y es expresada por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{M.T.B.F - M.T.T.R}{M.T.B.F} * 100$$

Dónde:

M.T.B.F = Media de los tiempos de buen funcionamiento

M.T.T.R = Media de los tiempo técnico de reparación

El estudio de la maquinaria durante dos jornadas de trabajo, cada jornada de trabajo consta de 12 horas, refleja una media de buen funcionamiento de 14,25 horas y una media de reparación es de 4,72 horas, por lo tanto la disponibilidad de la maquinaria es la siguiente:

$$D = \frac{14,25 - 4,72}{14,25} * 100 = 66,86\%$$

Esto quiere decir que, para una planificación de producción, se cuenta con que la maquinaria mantenga su buen funcionamiento un 66,86% del tiempo disponible, a su vez indica que la programación de maquinaria debe contar con un 33,14% de holgura del tiempo disponible, para cumplir con la demanda.

2.5. Reciclaje

El proceso de reciclaje es llevado a cabo en el área de molino y consiste en la transformación de los materiales termoplásticos provenientes de residuos industriales limpios y de fácil identificación, no contaminados por partículas extrañas, mediante tecnologías convencionales de procesamiento, en productos con características equivalentes a las de productos fabricados a partir de resinas vírgenes.

Esos residuos están constituidos por artículos defectuosos, descartes provenientes de moldes o de sectores de corte y procesamiento. Se puede afirmar que en la práctica, el 100% de estos residuos se recupera, y la calidad de los artículos producidos con este material es en esencia la misma que la obtenida utilizando resinas vírgenes.

2.5.1. Método de reciclaje

Se utiliza el método de reciclaje mecánico para el proceso, aprovechando así las condiciones de los materiales, ya que no han sido contaminados por partículas extrañas.

Para este proceso se realiza una previa clasificación de los materiales por color y material, formando lotes para el aprovechamiento de los aditivos y características que poseen, los productos que no presentan un color definido o que han sido afectados por un sobrecalentamiento son separados y se acumulan para la reunirlos con el material de color negro.

Luego son procesados los lotes por separado por los molinos, estos trituran el material en dimensiones adecuadas para su reutilización. El material procesado por los molinos es utilizado para reducir el consumo de materia prima virgen y de colorantes.

Debido a la cantidad de producto que se procesa, el área de molino se mantiene en actividad durante 10 horas diarias, con este proceso se obtiene un aproximado de 150 sacos (6 375 kilogramos) de material reciclado.

2.5.2. Utilización de reciclaje

El material reciclado es utilizado mezclado con material virgen, esto con el fin de aprovechar las propiedades físicas de material reciclado y crear una mezcla homogénea.

Diariamente se utiliza un aproximado de 320 sacos de materia prima de los cuales 160 sacos son de producto reciclado. Las mezclas varían según las características que se deseen del producto y de la cantidad que se posea de material reciclado.

2.6. Embalaje de producto terminado

El embalaje del producto terminado se realiza en bolsas de alto calibre, los envases son colocados de forma manual dentro de la bolsa, la cantidad que se coloca en las bolsas depende del volumen que ocupe cada envase.

Luego que el producto se empaca este es almacenado en la bodega de producto terminado para su futura distribución.

2.7. Ambiente laboral

La maquinaria que se utiliza en la manufactura de envases plásticos, generan altas vibraciones debido al continuo movimiento de elementos pesados, que a su vez producen ruido constante, debido al escape del aire comprimido luego del accionamiento de las válvulas neumáticas.

En el proceso de reciclaje mecánico el plástico es triturado por molinos. Este proceso genera polvillo fino de plástico y ruido debido al impacto de las cuchillas con el material y el roce con otras superficies.

Debido a estas condiciones, la empresa tiene reglas para la seguridad del empleado, que son:

- Utilizar protección de oídos: es necesario utilizar tapones para los oídos esto es debido al ruido continuo que produce la maquinaria
- Utilización de protección para los ojos, oídos y de las vías respiratorias en área de molinos: el uso de protección personal es debido al polvillo, residuos sólidos y ruidos que producen los molinos
- Utilización de redecilla para el cabello en toda la planta: protege a la materia prima y el producto terminado de partículas extrañas.

Los operarios trabajan turnos de 12 horas diarias, de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. como primer turno y de 6:00 p.m. a 6:00 a.m. el segundo turno. Cuentan con dos descansos de 15 minutos y 1 hora para tomar sus alimentos durante el turno.

Para los trabajadores las operaciones son repetitivas y estacionarias, el trabajo es realizado en una estación de trabajo durante toda la jornada. La operación del trabajador consta en remover el *scrap* más fino del envase con una cuchilla manual e inspeccionar que el producto cumpla con las especificaciones de control de calidad.

El ritmo de producción de la maquina muchas veces supera la velocidad en que el trabajador realiza sus operaciones. Esto le genera una acumulación de trabajo, impidiéndole al trabajador realizar una inspección y cortes adecuados. Cuando esto sucede, el trabajador descarta el producto y es enviado a la sección de molinos.

Estas situaciones someten a los trabajadores a presiones altas, impulsado al trabajador a dar su máximo esfuerzo para el cumplimiento de la demanda del producto. De la misma manera se presiona a los trabajadores del departamento de mantenimiento, que son los encargados de ajustar la maquinaria y de realizar cambios de moldes, llevando a cabo sus labores con limitaciones de tiempo y con la menor disponibilidad de presupuesto.

3. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1. Análisis de matriz MED (Materiales, Energía y Desechos)

La matriz MED reúne la información necesaria para determinar el impacto ambiental de un proceso o área determinada, relacionando los recursos utilizados y desechos del proceso o actividad.

Está diseñada para analizar el flujo de materias primas, energía, recursos y producción de desechos en un área específica; se centra en encontrar las actividades que generan residuos, así como la revisión de fugas, pérdidas de energía o prácticas de operación incorrectas.

Se ha adoptado el nombre de matriz, ya que liga dos conceptos primordiales y sus relaciones en un cuadro, donde las filas son las etapas del procedimiento y las columnas cada una de las características de la evaluación. En tal orden, tendremos las características del área según las etapas del procedimiento y los puntos críticos en cada tema de acción.

Para la elaboración de una matriz MED se siguen los siguientes pasos:

- A. Se debe detallar las etapas de cada proceso y las actividades que se realizan en dicho procesos, para el análisis se deben tomar en cuenta solo las actividades que relacionen con el uso de recursos y la generación de desperdicios.

- B. Se enlista los materiales y recursos utilizados en cada actividad, expresando su flujo diario o por actividad. Este listado es colocado en la columna de materiales, todas las unidades deben pertenecer mismo sistema métrico.
- C. En la columna de energía se debe detallar los recursos energéticos que se utilizan para realizar las actividades, este paso es el más importante, ya que la información de esta columna determinara las posibles causas de los altos costos de los procesos.
- D. Por último se detallan los desperdicios de cada actividad en la columna de desperdicios, entre estos están las mermas de materiales e insumos, así como, las emisiones y residuos.

La información de la matriz, permite visualizar los recursos materiales que se han utilizado para la generación de residuos y emisiones, además enlaza los recursos energéticos, focalizando la información a la reducción de la utilización de recursos energéticos y a la generación de desperdicios.

Para la manufactura de envases plásticos la matriz MED es la siguiente:

Tabla IV. **Matriz MED de la producción de envases plásticos**

Proceso	Materiales		Energía		Desechos	
Manufactura de envases plásticos	Polímeros	466.015 ton	Energía eléctrica	1.109 Twatt	Polímeros	194.89 ton

Fuente: elaboración propia.

De la matriz anterior destacan los datos de desechos y de consumo eléctrico, la generación de desecho en altas cantidades incrementara el consumo de recurso energético, estos son de alto impacto ambiental debido a sobre consumo innecesario. Los desechos son reutilizados en gran porción, pero la energía eléctrica invertida en su proceso no es recuperada.

La matriz MED proporciona una relación clara entre los costos de la utilización de los recursos energéticos y la generación de desechos. Expone el impacto del sobreconsumo de recursos energético y las áreas donde se deben realizar mejoras, aprovechando al máximo los recursos de la empresa.

3.2. Áreas vulnerables

El estudio de la organización como un elemento unitario, reuniendo los esfuerzos de todos los departamentos, permite visualizar los problemas desde un punto de vista global, reflejando las deficiencias de la empresa que son la sumatoria de los problemas internos de cada departamento.

El desglose de las causas de las deficiencias diferencia entre un problema y un efecto de un problema, permitiendo realizar acciones correctivas dentro de la organización, focalizando los esfuerzos de mejora continua a los problemas reales. Esto brinda indicadores de las áreas más vulnerables y de los procesos menos eficientes.

El fortalecimiento de las áreas más vulnerables desenvolverá una reacción en cadena de todos los efectos de los problemas, influyendo de forma positiva en los resultados generales de la organización.

En la manufactura de envases plásticos los factores más importantes son la calidad del producto y la eficiencia de la producción, estableciendo a los departamentos de mantenimiento y de producción como los principales responsables de mantener los niveles adecuados de competitividad. Los esfuerzos de la empresa deben centralizarse en la mejora continua de estos departamentos, enfocándose en el cumplimiento de la visión de la empresa, impulsando su desarrollo económico desde la fuente productiva y dándole un valor agregado al producto final.

3.3. Recuperación, reutilización y reciclaje

La materia prima es el recurso más valioso para una empresa. Ya que es la fuente de los productos, se debe aprovechar al máximo evitando desperdiciarla.

El mejoramiento de un proceso conlleva contabilizar los ingresos y salidas de materiales. Esto permite analizar la eficiencia y las fugas de energía. Este control indica la cantidad de residuos o mermas de cada proceso.

Los residuos deberán ser analizados para determinar la posibilidad de ser recuperados, reutilizado y/o reciclado. Esto le permitirá a la empresa tener la menor cantidad de desechos y maximizar la utilización de la materia prima.

La recuperación o reducción representa el análisis de reducir al máximo los residuos y mermas de los procesos. Para este proceso es necesario modificar los procesos operativos y realizar ajustes de maquinaria, incrementando la eficiencia del proceso completo.

Las características de los materiales permiten considerar la posibilidad de ser reutilizados o reciclados. Con este proceso se le da un valor a los residuos que se obtienen después de haberlos reducido al máximo.

Con esta filosofía se busca el maximizar la utilización de los materiales y reducir el consumo de recursos energéticos en la generación de residuos y desechos, permitiéndole a la empresa reducir sus costos de producción y fabricar productos con mayor eficiencia.

3.4. Controles de producción

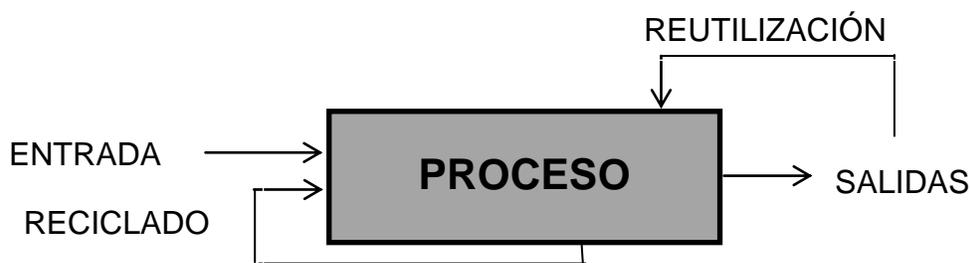
Los controles industriales de calidad determinan la eficiencia de los procesos y el aprovechamiento de los recursos energéticos. La determinación de la eficiencia de un proceso empieza en el control de las entradas y salidas de materiales, diferenciando entre un material de salida y un desecho. El balance de estas dos variables es estudiado mediante un balance de masas.

Un balance de masas determina la cantidad de materiales e insumos que se utilizan en un proceso y cuánto de ellos se convierte en un producto, subproducto o desperdicio. Además, determina la cantidad que es reciclada o recuperada, con el fin de minimizar los residuos y los costos de transformación de materia en cada proceso.

El análisis de un balance de masas parte del diagrama de flujo del proceso, que detalla las características de todos los procesos, considerando solo los que contribuyen a la transformación de materiales. La cuantificación de las entradas y salidas es el paso siguiente, obteniendo como resultado la porción de material aprovechado para la elaboración productos de calidad y la cantidad de materiales que ingreso al sistema.

En la figura 7 se representa las entradas y salidas del proceso. Además, se detallan las materias o insumos que se reciclan y recuperan dentro del proceso unitario. Este diagrama sirve para visualizar la eficiencia de la utilización de los materiales.

Figura 8. Diagrama de balance de masas



Fuente: elaboración propia.

El balance de masas es evaluado mediante la igualación de los materiales o insumos de entrada y los de salida. Esta igualación busca encontrar las pérdidas de materiales e insumos durante el proceso de transformación. En los elementos de entrada se encuentran materiales e insumos que ingresan al sistema y en los elementos de salida podemos encontrar material de producto terminado, subproductos, residuos o desperdicios no identificados.

$$M_e = M_s$$

$$M_m + M_{i1} + \dots + M_{ij} = M_p + M_r + M_n$$

Dónde:

M_e = materia de entrada

M_m = material de entrada

M_{i1} = insumo 1

Mij= Insumo n Mm= material de entrada

Mi1= insumo 1

Mij= Insumo n

Mp=Producto

Mr=Residuo

Mn=Residuo no identificado

Los residuos o subproductos que tengan las características necesarias para ingresar nuevamente al proceso de transformación son clasificados como materiales reciclables, contribuyendo a la elaboración de nuevos productos. Y los elementos que tienen una salida del proceso pero se mantienen dentro del sistema son reutilizables o recuperados e ingresan nuevamente al proceso.

3.5. Técnica de buenas prácticas

El cuidado de las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo las diferentes actividades de la empresa que tienen que ver con sus procesos de producción es una primera condición para hacerlo eficiente.

La observancia de las recomendaciones de los proveedores de sustancias químicas y equipos, la aplicación de procedimientos para la realización de las operaciones del proceso, el establecimiento de controles, el mantenimiento preventivo y el manejo cuidadoso de las instalaciones y el programa de producción son algunos de los aspectos que favorecen el ahorro de materias primas, agua y energía, así como reducen y evitan los desperdicios innecesarios y los costos asociados a ellos.

Entre los sectores y técnicas de buenas prácticas que son aplicables a la manufactura de envases plásticos se encuentran los siguientes:

- Control de inventarios y seguimiento de materiales
 - Definición del proceso de compra
 - Registro de todo procedimiento de compra
 - Rotación adecuada de los materiales almacenados
 - Inventario mínimo de materiales

- Manejo y almacenamiento de materiales
 - Definición de formas de almacenar
 - Identificación y señalización de los sectores de almacenamiento
 - Tipo de almacenamiento: vertical u horizontal
 - Limpieza de los sectores de almacenamiento
 - Capacitación del personal de almacenamiento

- Mejoras en el proceso de producción
 - Diagramación y organización de la producción
 - Control y seguimiento de las variables del proceso
 - Distribución de los equipos
 - Definición de estándares del proceso y de calidad del producto.
 - Establecimiento de sistemas de medición y control del proceso
 - Capacitación del personal en las actividades de producción y de control.

- Control de pérdidas y emisiones en el proceso
 - Mantenimiento de maquinaria y equipos
 - Control de los procesos de producción
 - Control de los niveles de tanques e utilización de maquinaria

- **Mantenimiento**
 - Mantenimiento preventivo mecánico y eléctrico en la maquinaria y equipos.
 - Documentación de las actividades de mantenimiento
 - Control de inventario de repuestos e insumos
 - Organización y control de método de almacenamiento de repuestos.

- **Manejos de residuos**
 - Clasificación de residuos por procedencia y tipo
 - Definición de destino de cada residuo

3.6. Programa de mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento es encargado de la integridad física de la maquinaria y mantener a la empresa en altos niveles de competitividad. Las herramientas que posee el departamento para cumplir con sus metas son la organización, planificación y aprovechamiento de los recursos.

Un programa de mantenimiento adecuado reúne todas estas herramientas, impulsando a la empresa a nuevos estándares de calidad.

Un programa de mantenimiento preventivo, prolonga la vida útil de la maquinaria, reduce el riesgo de fallas inesperadas y controla de forma sistemática los signos vitales de la maquinaria previniendo paros no programados.

La reducción de costos debido a una buena programación es muy considerable, ya que los gastos son programados y con la debida asesoría, contribuyendo con el desarrollo económico de la empresa.

Para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo es necesario contar la documentación necesaria y con la infraestructura adecuada, facilitando así el proceso de implementación y ejecución.

Delimitación

El Departamento de Mantenimiento debe plantear los objetivos y metas que se desean lograr con la nueva planificación y la renovación de los métodos de trabajo.

Las altas jerarquías deben establecer las necesidades de la empresa y determinar sus mayores dificultades. Partiendo de esta información se pueden establecer las metodologías y las metas a corto plazo, con las cuales se evaluara el desempeño de las nuevas implementaciones.

Organización

Partiendo de parámetros de estudio delimitados y problemas específicos a resolver, es necesaria una reorganización de la empresa, con el fin de crear las condiciones adecuadas para la implementación de los cambios, determinando los recursos humanos y financieros que serán necesarios para la implementación de mejoras y de nuevas metodologías de trabajo, desarrollando nuevas técnicas de control y evaluación de los resultados obtenidos, acoplando de forma integral a la empresa a las nuevas estrategias.

Las políticas de organización y los reglamentos del departamento deben reflejar las necesidades de la empresa y sus metas. Es importante establecer los rangos jerárquicos de mando y responsabilidades, así como las actividades que cada rango debe coordinar y concretar.

Escala de responsabilidades

Un buen clima organizacional es el que cuenta con personas que son responsables de sus acciones y que permiten la cooperación mutua entre las demás, para cumplir con las metas de la empresa.

Para el cumplimiento de dicha condición es necesario establecer de forma sistemática las actividades e interrelacionarlas con cada área del departamento, impulsando el trabajo en equipo y la participación de todos los colaboradores de la empresa en los problemas.

Teniendo la responsabilidad como base de cada decisión, permitirá a la empresa encaminarse a cambios con mayor confianza y con un mayor conocimiento de sus capacidades ante un crecimiento o cambio del mercado.

Cultura organizacional

La implementación de nuevas estrategias dentro de la empresa debe ir enlazada a un cambio de cultura organizacional, ya que la renovación de los lineamientos de trabajo exige que los involucrados se adapten a nuevas formas de trabajo y participen en la implementación y mejora de la estrategia adoptada.

La participación de toda la organización y la creación de un ambiente propicio, facilita el desarrollo de nuevas técnicas, procedimientos y metas, permitiendo crear índices de evaluación.

Codificación

La implementación de un sistema de codificación para los equipos, herramientas, áreas de trabajo y repuestos, le brindan a la organización una medida de control sobre sus bienes mediante auditorias, y estandarizan la información mejorando los canales de comunicación y control. Los códigos deben reflejar una descripción clara de los objetos, facilitando su identificación y localización, dentro del área de almacenamiento y en su área de funcionamiento.

Designación de espacios

La adecuación de los espacios para las herramientas, maquinaria y equipo permite mantener un ambiente laboral ordenado y accesible para todos los trabajadores; reduce tiempo en traslados e incrementa la eficiencia de las labores de mantenimiento debido a una reducción de tiempo en búsquedas y aumenta la disponibilidad de los equipos para el uso correcto.

Estandarización de procedimientos

El control y la evaluación de las actividades del Departamento de Mantenimiento se logra estableciendo parámetros y normas para la ejecución de dichas actividades.

El estudio de las actividades de rutina y los procedimientos de emergencia permiten la reducción de errores y aseguran la calidad de los trabajos.

Normando los procesos se reducen las variantes dentro de cada trabajo y permite que cualquier colaborador pueda continuar con las labores sin necesidad de tener un informe detallado de las acciones realizadas posteriormente, permitiéndole tomar decisiones y realizar observaciones para la solución de los problemas.

El tiempo dedicado a cada actividad es una variable muy importante, ya que el mal uso del tiempo genera efectos en cadena en toda la empresa. Siendo el departamento que tiene la responsabilidad de mantener la producción estable y eficiente, la mala utilización del tiempo está relacionada con un incremento en los gastos de producción y atrasos de la producción, entre otros efectos.

Los esfuerzos del departamento se deben enfocar en la optimización de los procesos y en crear las condiciones adecuadas para el cumplimiento de las metas del departamento y de la empresa en conjunto.

Análisis de compras

El proceso de compra del Departamento de Mantenimiento es definido por las condiciones en las cuales se producen las necesidades y por el tipo de programa de mantenimiento. En la toma de decisiones de compra se debe considerar diferentes factores como la calidad, el precio, la funcionalidad y disponibilidad de los elementos.

Las diferentes opciones que presenta el mercado, se deben depurar mediante estudios internos que fundamenten las decisiones, ya que la información debe obtenerse de la experiencia dentro del campo de aplicación. Los datos recopilados de los análisis de cada elemento determinan una política de compra y la información necesaria para una proyección de compra adecuada, reduciendo inventarios y optimizar la disponibilidad de maquinaria.

La durabilidad de los elementos seleccionados para el proceso de compra, debe ser medida mediante las horas de trabajo. Esto permitirá determinar si la calidad del material es adecuada y si cumple con las garantías del fabricante, además permite determinar si los trabajos de montaje, instalación y operación son los adecuados.

El proceso de compra de repuestos o herramientas es de vital importancia para la empresa, ya que de las decisiones contribuirán o afectaran directamente en la eficiencia de la empresa, influyendo en su disponibilidad de la maquinaria y en la programación del departamento de producción.

Control de inventario

El control de la rotación del inventario de repuestos refleja la calidad del programa de mantenimiento y la eficiencia de la ejecución de los trabajos de mantenimiento dentro de la empresa. Además brinda indicadores de falla y de calidad de los repuestos. Estos índices sirven para orientar la toma de decisiones en el proceso de compra.

La integración de un programa de control de entradas y salidas del inventario de repuestos, sistematiza el proceso de estudio del uso de los recursos del departamento de mantenimiento, y proporciona información

integral a gerencia, fundamentando las decisiones relacionadas con los proveedores y cambios en los procesos de mantenimiento.

Estadística de compra

El análisis de la frecuencia de compra de un artículo, permite evaluar su calidad y si cumple con su función. La reducción de los costos basada en el precio, sin considerar la calidad y durabilidad del producto, puede generar un incremento en la frecuencia de compra y mayores costos de producción, debido al incremento en paros no programados.

El control de las variables de estudio permite proyectar de forma adecuada las necesidades de la empresa de repuestos, permitiendo así, la creación de una programación adecuada de reabastecimiento.

Debido a la diversidad de elementos que se deben estudiar, el proceso se debe enfocar a los elementos de mayor representatividad en sus inicios, para que posteriormente se pueda implementar de forma más efectiva a los elementos que sea necesario.

Evaluación de calidad de materiales

La calidad y durabilidad de los elementos depende en mayor parte de la elección de los materiales adecuados para su fabricación. En el proceso de selección de los elementos se debe considerar a las condiciones a las cuales se someterá el elemento, las limitantes del montaje y la eficiencia de su funcionamiento.

La selección de elementos que posean los materiales adecuados contribuye en la reducción de remplazos de elementos y de uniformidad en el funcionamiento de la maquinaria, prolongando su vida útil.

Programación de paros de maquinaria

El Departamento de Producción debe realizar una programación con el fin de completar la producción de forma eficiente. El cumplimiento de la producción representa una oportunidad de crecimiento económico para la empresa, generando los beneficios económicos necesarios para la inversión en la optimización de los procesos e innovaciones que incrementaran los niveles de eficiencia de la empresa.

Los Departamentos de Producción y Mantenimiento son los responsables de mantener a la empresa en un nivel alto de competitividad, teniendo a su cargo la calidad de la producción y la eficiencia de la empresa.

La comunicación entre departamentos es muy importante y de gran beneficio para la elaboración de una planificación de las actividades productivas y de innovación para la empresa.

La evaluación y reparación de maquinaria deben ser programadas de forma conjunta entre departamentos para lograr mejores resultados. La integración de un programa de inspección y de mantenimiento preventivo, permite incrementar la eficiencia de la maquinaria y su disponibilidad.

Los costos asociados a los paros no programados tienden a ser complejos, debido a que no se cuenta con una cuantificación de los costos por consumo de energético puntual, utilización de materia prima e insumos,

reorganización de producción, programación de personal, compras no programadas, consumo de servicios auxiliares, depreciación de maquinaria y reducción de vida útil de elementos no sustituidos, durante el período en que maquinaria se encuentra deshabilitada. Los costos llegan a ser imperceptibles en el momento del incidente, pero afectan de forma global a la empresa incrementando su costo de producción debido a costos ocultos.

Para implementar un programa adecuado de inspección y reparación, es necesario contar con la información de la programación del departamento de producción y las posibles variantes que podrían influir en la programación establecida.

La recopilación de la información de ambos departamentos permite realizar un programa de mantenimiento preventivo, proyectando los paros necesarios para realizar trabajos de rutina y correctivos programados en la maquinaria, con el fin de prologar la vida útil de la maquinaria y evitar paros de emergencia por fallas en la maquinaria.

Ficha de Información

La organización y estandarización de los procesos comienza con un proceso de documentación.

Las fichas de información de la maquinaria son un guía para los operarios y mecánicos, que les permite tener información necesaria para realizar ajustes y trabajos de mantenimiento. Esta ficha debe contener una descripción detallada de las características y funcionamiento de la maquinaria, facilitando el acceso a la información y reduciendo los errores por supuestos no fundamentados.

Historial

La documentación es una herramienta importante para el estudio de un programa de mantenimiento. La información detallada de los trabajos previos y modificaciones realizadas en la maquinaria, brinda un panorama claro de los posibles retos que representa el realizar actividades de mantenimiento, además de los recursos necesarios para realizar dichas actividades en el menor tiempo posible.

La información apropiada de los problemas que se han solucionado, es una herramienta de aprendizaje, que mejora la calidad de los trabajos realizados y fundamenta las decisiones de alto mando.

Índices de evaluación

La medición de los procesos en términos de variables útiles para el departamento, genera puntos de comparación, con el fin de determinar las causas de las deficiencias de los procesos y poder combatirlas de la manera adecuada.

Los índices más adecuados para la evaluación de la maquinaria, son los que representan su eficiencia y calidad de trabajo, ya que estas variables determinan su rentabilidad para la empresa. La herramienta OEE o Eficiencia General del Equipo establece indicadores adecuados para la evaluación y posee características apropiadas para la evaluación integral del mantenimiento.

OEE es el acrónimo de Efectividad General del Equipo (en inglés *Overall Equipment Effectiveness*). OEE representa de forma porcentual la efectividad de una máquina, en comparación de una máquina ideal equivalente. La

diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

“El OEE es una forma estándar de medir la efectividad de máquinas y líneas de producción, su definición lleva intrínseco el análisis de los costes y pérdidas que se producen en una planta. Por tanto, la medición de la efectividad de las líneas de producción y el conocimiento de los costes asociados al proceso quedan resueltos implantando esta forma universal de medición.”⁵

El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado combinando tres elementos:

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad

Al mismo tiempo, el OEE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo, que se definen como “Las Seis Grandes Pérdidas”. Estas pérdidas reducen el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar:

Pérdidas de disponibilidad:

- Tiempo perdido por grandes averías
- Tiempo perdido por puestas en funcionamiento

⁵ ARAUZ RAMÍREZ, Ana Isabel. Tesis: Propuesta de un programa de mantenimiento en una empresa manufacturera de ejes de tracción. p. 14.

Pérdidas de rendimiento:

- Producción perdida por pequeñas paradas
- Producción perdida por reducción de velocidad

Pérdidas de Calidad:

- Producción perdida por productos defectuosos. Mermas
- Producción perdida por refabricación

La unión de estos tres conceptos genera la siguiente fórmula, que le permite conocer la efectividad de las líneas y los costes asociados a la misma:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Definición de las variables:

A. Disponibilidad

Tiempo real de la máquina produciendo. Su expresión es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100$$

Dónde:

- TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas
- TO= TPO - Paradas y/o Averías

La disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

B. Rendimiento

Producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo. Su expresión es la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{T. de Ciclo Ideal}}{\text{T. Operación} / \text{N}^{\circ} \text{ Total Unidades}}$$

o

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ Total Unidades}}{\text{T. de Operación} \times \text{Vel. Máxima}}$$

Dónde:

- T. de Ciclo Ideal: es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.
- T. de Operación: tiempo en que estuvo en operación la máquina.
- N° Total Unidades: número de unidades, conformes y no conformes a la calidad, elaboradas en el tiempo de operación.
- Vel. Máxima: velocidad máxima a la cual la maquina puede ser sometida para el proceso productivo.

El Rendimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

C. Calidad

Es definida por la producción sin defectos generada. Su expresión es la siguiente:

$$\text{Calidad} = Q = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades Conformes}}{\text{N}^{\circ} \text{ Totales Unidades}}$$

Dónde:

- N° Total Unidades: número de unidades, conformes y no conformes a la calidad, elaboradas en el tiempo de operación.
- N° de unidades Conformes: número de unidades que están conforme a los parámetros de calidad.

Clasificación OEE

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

Tabla V. **Clasificación OEE**

Valor de OEE	Calificación	Características	Nivel de Competitividad
OEE < 65%	Inaceptable.	Se producen importantes pérdidas económicas	Muy baja
65% < OEE < 75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Importantes pérdidas económicas	Baja
75% < OEE < 85%	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la Clase Mundial. Ligeras pérdidas económicas	Ligeramente baja
85% < OEE < 95%	Buena	Entra en Valores Clase Mundial	Buena
OEE > 95%	Excelencia	Valores Clase Mundial.	Excelente

Fuente: elaboración propia.

La OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual.

Finalmente, la OEE es la métrica para cumplimentar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

3.7. Mejoras tecnológicas

La innovación tecnológica en las áreas vulnerables proporciona nuevas oportunidades de control, manejo y mejoramiento continuo del proceso productivo, brindando nuevos parámetros de trabajo y reducción de operaciones improductivas o poco eficientes, reduciendo los costos operativos considerablemente.

Actualmente los esfuerzos de las grandes compañías son enfocados en implementar tecnologías que le permitan aprovechar al máximo sus recursos y que a su vez sean compatibles con el medio ambiente. Esto ha impulsado los estudios en la reducción de consumo de recursos energéticos y de materiales.

El mejoramiento de los procesos conlleva el estudio de la maquinaria e instalaciones, además de los procesos de manejo de materia prima e insumos y de control de calidad, para determinar las deficiencias y procedimientos poco eficientes.

En la industria de envases plásticos, el consumo de recursos energéticos es elevado. La búsqueda de estrategias que permitan el aprovechamiento máximo de los recursos energéticos impulsará a la industria a nuevos niveles de competitividad. Estas estrategias garantizan un mínimo de reducción del 20% anual en el consumo eléctrico debido a su alta eficiencia energética. Las estrategias son las siguientes:

Motores eléctricos eficientes: los motores eléctricos son unidades indispensables en el funcionamiento de la maquinaria y los mayores consumidores de recursos energéticos. La regla principal es reemplazar los motores antiguos por unidades más recientes y con mayor rendimiento. Las unidades viejas son poco eficientes por convertir la mayor parte del consumo eléctrico en calor. Esto constituye las pérdidas de los motores.

Los motores que no pueden ser reemplazados, pueden ser modificados para optimizar su rendimiento utilizando las siguientes técnicas:

- Instalación de variadores de velocidad
- Acondicionamiento de la potencia
- Mejoramiento de ventilación
- Calibración de los elementos del tablero de control

Calefacción eficiente: el proceso de calefacción es el que consume la mayoría de los recursos energéticos en el proceso de termoformado, la utilización de camisas aislantes en el husillo de la maquinaria permite mantener un mayor control de la temperatura en la maquinaria y reduce las pérdidas de calor. Las camisas aislantes presentan las siguientes ventajas:

- Reducción del consumo eléctrico

- Reducción de picos y de la cantidad de carga de energía
- Reducción del tiempo de puesta en marcha
- Temperaturas de trabajo consistentes
- Reducción de costes de funcionamiento

Aislamiento de redes de enfriamiento: un aislamiento adecuado de las redes de distribución de agua refrigerada para los sistemas de enfriamiento, mantienen una temperatura controlada dentro del sistema, reduciendo la utilización de los equipos de enfriamiento y las pérdidas de energía por transferencia de calor.

Aditivos de purga: la aplicación de aditivos que facilitan la purga de material durante cambios de colores, apagado de maquinaria o transiciones necesarias, reduce el consumo de materia prima para estas actividades. Minimiza la porción de material no reutilizable y hace más eficiente el proceso, reduciendo el consumo de recursos en actividades improductivas.

Controles de calidad: la utilización de instrumentos de medición con alta precisión en el control de calidad de los productos, permiten reducir el producto rechazado por los clientes y proporciona indicadores de ajustes de maquinaria. Dentro de los instrumentos de medición más comunes se encuentran las pesas digitales y los medidores de espesor.

3.8. Utilización de energía

El nivel de aprovechamiento de los recursos energéticos es determinado por un control continuo de la utilización de los recursos energéticos que proporcione indicadores que contabilizan la cantidad de recursos que son aprovechados eficientemente. Todos los recursos que no son aprovechados

representan un alto costo para la empresa y un alto impacto ambiental debido a un sobreconsumo innecesario. Esta porción de recursos pueden ser minimizados con la implementación de una metodología de Producción más Limpia.

La metodología de Producción más Limpia estimula el mejoramiento continuo y regula de forma eficiente la utilización de los recursos, mediante estrategias de aprovechamiento y control.

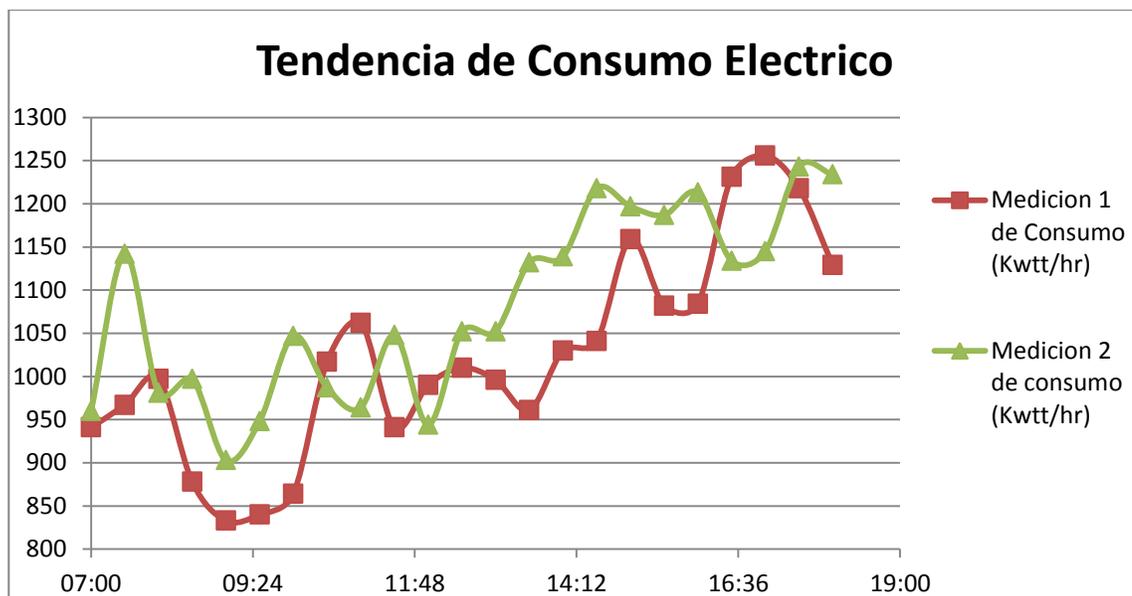
La medición del consumo energético debe proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones, integrando las causas y efectos del sobreconsumo energético. Las disposiciones correctivas serán fundamentadas con esta información.

Tendencia de consumo

La forma de utilización de los recursos marca una tendencia de comportamiento en la medición de consumo energético, esta tendencia establece las condiciones en la cuales existe una menor o mayor demanda de los recursos, determinando parámetros de control y evaluación del aprovechamiento de los recursos.

El comportamiento del consumo en función del tiempo muestra una estrecha relación de los altos consumos con las actividades realizadas durante las horas de mayor demanda. La figura 9 muestra mediciones realizadas cada media hora en los bancos de distribución durante dos turnos de trabajo en la jornada diurna. El comportamiento de la misma muestra un alza en el consumo pasadas las 13:00 horas y un incremento constante hasta llegar a su demanda más alta al final del turno.

Figura 9. Gráfica de consumo eléctrico



Fuente: elaboración propia.

Condiciones de medición

Durante la medición del consumo eléctrico global de la empresa, es necesario contabilizar la maquinaria en operación, vacío, reparación, ajuste y apagada. Esto proporciona la información necesaria para determinar las condiciones en la cuales se está realizando la medición. El apéndice 1 determina un sistema de contabilización y una tabla de control, realizada para la evaluación de la maquinaria dentro de la planta de producción.

En los apéndices 2 y 3 se muestran las condiciones en las que se realizaron las mediciones de la figura 9. Esta contabilización permite determinar las causas de los altos consumos y de las fluctuaciones durante cada medición.

Resumen de eficiencia

La utilización de los recursos puede ser medida y evaluada con un índice de eficiencia en función del tiempo de aprovechamiento de los recursos, el tiempo utilizado para la transformación de materia prima en producto es dividido por el tiempo total trabajo. Este índice describe la porción de tiempo y recursos utilizada para la producción de bienes y la porción utilizada en actividades que no generan un beneficio económico para la empresa.

Agrupando la información que describe el estado de funcionamiento de la maquinaria y el tiempo que permanece en cada estado, como muestra el apéndice 4, se determina una tabla resumen. La eficiencia puede ser determinada de forma puntual en cada máquina o de forma global con el promedio de tiempo que permanece la maquinaria en cada estado de funcionamiento.

La tabla VI se determina un resumen global de los estados de la maquinaria y el modelo utilizado para realizar el cálculo de la eficiencia.

Tabla VI. **Resumen de eficiencia de maquinaria**

RESUMEN DE EFICIENCIA GLOBAL				
ESTADOS DE MAQUINARIA				
APAGADA	STANDBY	REPARACIÓN	MONTAJE DE MOLDE	TRABAJANDO
4.97 hrs	1.80 hrs	0.69 hrs	2.22 hrs	14.25 hrs
Tiempo efectivo		14.250 hrs		
Tiempo muerto		6.77 hrs		
Tiempo de preparación		2.91 hrs		
Tiempo Total		24 HORAS		
<p>Eficiencia= $\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo total}} \times 1000$</p>				
Eficiencia=		59.37%		

Fuente: elaboración propia.

3.9. **Análisis de indicadores financieros**

Los indicadores financieros son relaciones entre magnitudes que forman parte de los estados financieros a fin de determinar tanto la situación financiera de la empresa como la calidad de las partidas que lo interrelacionan. Los

valores siempre son relativos ya que deben efectuarse comparaciones muchas veces subjetivas.

Tiempo de retorno

El método del retorno es uno de los más usados entre los métodos estáticos. El tiempo de retorno representa el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Un período más largo de tiempo implica mayor riesgo debido a que pueden cambiar las condiciones y una reducción de la liquidez de la compañía congelando el capital en la inversión y sólo se recupera gradualmente.

El método del retorno de la inversión es la forma más simple de comparar económicamente una o varias ideas de un proyecto. El método explica cuánto tiempo se tardará en librar la inversión realizada en el proyecto. Un largo período de tiempo implica un mayor riesgo y reducción de la liquidez. La alternativa con el menor tiempo de retorno debe ser la elegida.

$$PRI = \frac{I}{Q}$$

Dónde:

PRI = Período de recuperación de la inversión

I = Inversión neta

Q = Ahorro anual = (en promedio) Flujo de caja debido a la inversión

Q = (dinero que entra/año) – (dinero que sale/año)

Si $PRI \leq 3$ años, la inversión es muy atractiva en términos económicos

Si $3 < \text{PRI} \leq 8$ años, la inversión es aceptable en términos económicos

Si $\text{PRI} \geq 8$ años, la inversión no es atractiva en términos económicos

Rentabilidad de la inversión (RI)

Analizando el RI pueden compararse diferentes alternativas. Como se trata de un cálculo estático, las inversiones se juzgan de forma sobre-optimista. Esto es real especialmente cuando la tasa de interés es alta y/o el periodo de tiempo es largo. Este método relaciona las ganancias con el capital invertido, y se obtiene al dividir el valor de las utilidades en el primer año entre el valor presente de la inversión. Como resultado se toma el valor porcentual es cual es expresado por la siguiente ecuación:

$$.RI = \frac{P}{I} * 100$$

Dónde:

RI = Rentabilidad de la Inversión

P = Utilidad o ahorro debido a la inversión en el primer año

I = Inversión

Si $\text{RI} \leq 33\%$ anual, la inversión es muy atractiva en términos económicos.

Si $33 > \text{RI} \geq 12\%$ anual, la inversión es aceptable en términos económicos.

Si $\text{RI} > 12\%$ anual, la inversión no es atractiva en términos económicos.

Costos de mantenimiento

Los costos del mantenimiento son utilizados para determinar si el nivel de mantenimiento es adecuado, la relación que existe entre los costos directos de mantenimiento y los costos de parada de equipo, evalúa la calidad del manejo de los recursos de mantenimiento.

El nivel de mantenimiento debe ser evaluado en un período determinado y las variables deben pertenecer al mismo período. La expresión que lo representa es la siguiente:

$$NM = \frac{CDM}{CP}$$

Dónde:

NM = Nivel de mantenimiento

CDM = Costos directos de mantenimiento (en un período determinado)

CP = Costo de parada de equipo (en un período determinado)

Si $NM < 1$ el nivel de mantenimiento es deficiente

Si $NM = 1$ el nivel de mantenimiento es óptimo

Si $NM > 1$ el nivel de mantenimiento es excesivo

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Desarrollo de círculos PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar)

El círculo de PHVA es una herramienta que facilita un proceso de mejora continua. Este círculo es un ciclo infinito que permite controlar de forma sistemática los procesos. Las etapas del círculo PHVA de mejora son las siguientes:

Planear (P): consiste en establecer metas para los indicadores de resultado y establecer el método que se utilizara para alcanzar las metas propuestas.

Hacer (H): ejecución de las tareas exactamente de la forma prevista en el plan y en la recolección de datos para la verificación del proceso. En esta etapa es esencial el entrenamiento en el trabajo resultante de la fase de planeamiento.

Verificar (V): tomando como base los datos recolectados durante la ejecución, se compara el resultado obtenido con la meta planificada.

Actuar (A): esta es la etapa en la cual el usuario detectó desvíos y actuará de modo que el problema no se repita nunca más.

El desarrollo del círculo PHVA en los proyectos de mejora, estructura la implementación de los proyecto de una forma secuencial y previene las posibles

fallas o atrasos, proporcionando parámetros de control y facilita el desarrollo del proyecto hasta su fase final.

La metodología de Producción más Limpia es basada en la mejora continua y el desarrollo de propuestas que aporten beneficios a la empresa y al medio ambiente. La implementación de una metodología de Producción más Limpia es descrita por el círculo PHVA de la figura 10. El compromiso de la empresa en cumplir con cada una de las etapas, y determina la calidad de los resultados que se obtendrán a futuro y la magnitud de los beneficios que serán percibidos por la empresa.

Figura 10. **Círculo PHVA de implementación de Producción más Limpia**



Fuente: Manual de Producción más Limpia (ONUDI, 1999).

Cada departamento de la empresa debe contar con proyectos de mejora continua, estableciendo metas específicas y de beneficio para el departamento, respaldado por la herramienta del círculo de PHVA y guiado por las metas globales establecidas en la metodología de Producción más Limpia de la empresa.

4.2. Evaluación de costo beneficio de inversión en nuevas tecnologías

La actualización tecnológica de los procesos es un paso importante en la mejora e innovación de la empresa. Impulsa la investigación y el estudio de la eficiencia de trabajo. Los costos de implementar mejoras tecnológicas en los procesos y en los controles de calidad son de diversas naturalezas, y entre ellos se encuentran los financieros, productivos y operativos.

Los beneficios serán obtenidos a mediano o largo plazo, por medio de la reducción de costos de producción y del impacto ambiental. Ambos factores son de alto grado de importancia para la empresa, ya que le proporcionan ventajas competitivas ante la competencia y una mayor versatilidad en el mercado.

La proyección de los beneficios, determinara el tiempo que se requiere para que se recuperen los recursos que serán utilizados en la inversión, además de los costos asociados a la misma. Los costos deben ser menores a los beneficios para que una opción posea rentabilidad económica para la empresa y el tiempo de recuperación sea menor.

Según las metas establecidas por la empresa en el programa de Producción más Limpia se determinan las opciones de inversión y las áreas de mayor criticidad, enfocando los esfuerzos y recursos hacia la dirección adecuada, permitiéndole a la empresa cumplir con las metas con mayor conformidad.

La relación costo-beneficio en el aspecto ambiental, es de mayor representatividad cuando existe un programa de Producción más Limpia, debido a que existen beneficios económicos y productivos, que refuerzan los

beneficios ambientales, en comparación a una inversión dirigida hacia un control de contaminación, la cual carece de beneficios directos para la empresa.

4.3. Desarrollo de infraestructura

La implementación de un programa de Producción más Limpia, requiere de una planificación y organización especializada para la evaluación del progreso del proyecto, así como, una auditoria continua de las acciones realizadas y sus resultados a corto plazo.

La empresa debe acoplar sus recursos disponibles para cumplir con las nuevas meta, sin afectar su eficiencia o reducir su capacidad de respuesta.

Para iniciar un programa de Producción más Limpia se debe designar un equipo de trabajo que debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Su tamaño e integración deben estar de acuerdo con la organización de la empresa.
- Debe estar conformado por personal de todas las áreas.
- Deben tener conocimiento, creatividad y autoridad.
- Deben ser capaces de identificar oportunidades, desarrollarlas e implementarlas.
- Debe coordinar las actividades del programa de Producción más Limpia.
- Tiene la responsabilidad de obtener las metas establecidas.

Dentro de los miembros que conformen el equipo de Producción más Limpia pueden estar:

- Representantes de la dirección

- Jefes de servicio
- Miembros del área de medio ambiente
- Supervisores
- Operadores o técnicos
- Consultores externos

Una vez conformado el equipo de Producción más Limpia se debe empezar con su organización, de manera que se asegure la comprensión del concepto de Producción más Limpia entre los miembros del equipo y, de esta manera, también el éxito del programa.

El equipo documentará y recopilará la información de los procesos para efectuar una identificación de las operaciones o procedimientos que son generadores de residuos, que pueden deberse a causas de desviación que resultan en el desperdicio de agua, energía o de materias primas y en la generación de residuos.

Los criterios analizados permiten entonces definir el enfoque del diagnóstico, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Económicas: pérdidas económicas relacionadas con los residuos, consumos energéticos, consumo de agua, etc.
- Ambientales: volumen y composición de los residuos, características de las corrientes residuales, etc.
- Técnicas: potencial de mejoras esperado, posibilidad de aplicar opciones de Producción más Limpia en las actividades operativas.

La aplicación de las herramientas del círculo PHVA, balance de masas y matriz MED, respaldaran los estudios, brindaran aportes sustanciales en la selección de las opciones aplicables y en la toma de decisión final de ejecución del programa de Producción más Limpia.

4.4. Capacitación de nuevo programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento es parte fundamental para la integración de un programa de Producción más Limpia.

El personal de mantenimiento es el recurso más valioso en el programa de mantenimiento y su constante capacitación incrementará la calidad de las actividades de mantenimiento. Cada esfuerzo enfocado a la mejora de la calidad del mantenimiento será reflejado en la eficiencia de la producción, desarrollándose un efecto en cadena de mejora continua en la línea de producción.

El equipo de trabajo debe conocer la estrategia seleccionada por parte de gerencia, siendo informado de los objetivos, metas y recursos que le proporcionara la empresa. La modificación de los procesos y la implementación de nuevas tecnologías, debe ser apoyada de una capacitación técnica y teórica, brindándole la información necesaria para poder realizar las labores de forma eficiente.

El equipo de trabajo debe establecer reglas para estandarizar la calidad de las actividades de mantenimiento y seguir las recomendaciones de los proveedores y, así, lograr una prolongación de la vida útil de los equipos. La concientización de parte de la empresa hacia los trabajadores de la importancia

de mejorar la calidad de las actividades de mantenimiento forma parte del trabajo continuo de capacitación e incentivo.

4.5. Integración de método 5'S en programa de mantenimiento

La metodología de 5'S es considerada como uno de los principios básicos de la manufactura esbelta para maximizar la eficiencia en los lugares de trabajo, y dar la posibilidad de contar con diversificación de productos, calidad, menores costos, entregas fiables, etc.

Se denomina 5'S debido a las iniciales de las palabras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*, su significado es el siguiente:

- *Seiri* (Clasificación): significa distinguir claramente entre lo que es necesario y debe mantenerse en el área de trabajo y lo que es innecesario y debe desecharse o retirarse.
- *Seiton* (Orden): significa organizar los modos de situar y mantener las cosas necesarias de modo que cualquiera pueda encontrarlas y usarlas fácilmente.
- *Seiso* (Limpieza): significa limpiar suelos y mantener las cosas en orden, además de identificar las fuentes de suciedad e inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza con el fin de identificar problemas de escapes, averías o fallos.
- *Seiketsu* (Estandarización): significa que se mantienen consistentemente la organización, orden y limpieza, mediante un estándar o patrón para todos los lugares de trabajo, tanto fabril como administrativo. Esto implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente.

- *Shitsuke* (Disciplina): construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S mediante el establecimiento de estándares

La metodología de implementación se divide en las fases que se describen a continuación:

Primera fase (limpieza inicial): la primera etapa de la implementación se centra principalmente en una limpieza a fondo del sitio de trabajo, esto quiere decir que se saca todo lo que no sirve del sitio de trabajo y se limpian todos los equipos e instalaciones a fondo, dejando un precedente de cómo es el área si se mantuviera siempre así (se crea motivación por conservar el sitio y el área de trabajo limpios).

Segunda fase (optimización): la segunda etapa de la implementación se refiere a la optimización de lo logrado en la primera etapa, esto quiere decir, que una vez dejado solo lo que sirve, se tiene que pensar en cómo mejorar lo que está con una buena clasificación, un orden coherente, ubicar los focos que crean la suciedad y determinar los sitios de trabajo con problemas de suciedad.

Tercera fase (formalización): la tercera etapa de la implementación está concebida netamente a la formalización de lo que se ha logrado en las etapas anteriores, es decir, establecer procedimientos, normas o estándares de clasificación, mantener estos procedimientos a la vista de todo el personal, erradicar o mitigar los focos que provocan cualquier tipo de suciedad e implementar las gamas de limpieza.

La cuarta y última fase (perpetuidad): se orienta a mantener todo lo logrado y a dar una viabilidad del proceso con una filosofía de mejora continua.

Para un programa de mantenimiento preventivo el desarrollo del método de 5'S como estrategia de mejora continua es estructurado de la siguiente manera:

Tabla VII. **Etapas de implementación de las 5'S**

No.	Proceso	Descripción
1	Limpieza e inspección	Eliminación de suciedad, escapes, polvo y materiales que causen desperfectos o averías en la maquinaria
2	Acciones correctivas para eliminar las causas que producen deterioro acumulado en los equipos. Facilitar el acceso a los sitios difíciles para facilitar la inspección	Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso a los sitios que requieren limpieza y control, reducción el tiempo empleado para la limpieza
3	Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados se establecerán en forma definitiva
4	Inspección general	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la inspección.
5	Inspección de calidad	Formulación e implantación de procedimientos de control calidad
6	Estandarización	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Aplicación de estándares
7	Control de la calidad	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa y seguimiento de los logros alcanzados. Evaluación de la mejora continua mediante índices de reducción y financieros

Fuente: Manual de implementación programa 5'S. (Corporación regional de Santander 2006).

4.6. Capacitación en Producción más Limpia

La filosofía de Producción más Limpia posee una estructura de implementación que debe ser desarrollada bajo las condiciones adecuadas.

Los fundamentos, propósitos y beneficios de la Producción más Limpia se deben dar a conocer a todos los colaboradores de la organización, estableciendo un estándar de los objetivos y metas que se desean alcanzar.

Fundamentación

Es importante destacar que la filosofía del proceso de Producción más Limpia está sobre todo relacionada con la reducción al máximo de la generación de residuos a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, no existe una producción limpia como tal, la generación de residuos es inherente a cualquier proceso productivo.

Lo que busca el proceso es evitar una generación excesiva de residuos, dado que por un lado es considerada una pérdida económica como producto del mal aprovechamiento de los recursos e insumos empleados, y por el otro, los residuos son contaminantes y afectan a la salud y al ambiente, por lo que su reducción permite prevenir impactos ambientales negativos.

Por ende, el enfoque de la Producción más Limpia, trata de reducir de manera continua la generación de residuos y contaminantes en cada etapa del ciclo de vida.

Producción más Limpia significa:

Tabla VIII. **Significado de Producción más Limpia**

Para los procesos:	Conservación de materia prima y energía.
	Eliminación del uso de materias primas tóxicas.
	Reducción de la cantidad de toxicidad de todas las emisiones y desechos antes de que salgan del proceso.
Para los productos	Reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la extracción de materia prima hasta su disposición.
La Producción más Limpia reduce los riesgos para:	Los trabajadores.
	La comunidad.
	Los consumidores de productos.
	Las futuras generaciones.
La Producción más Limpia reduce los costos de:	Producción.
	Tratamiento al final del proceso.
	Servicios de salud.
	Recomposición del ambiente.
La Producción más Limpia mejora:	La eficiencia de los procesos.
	La calidad del producto.
	Incluso cuando los costos de inversión son altos, el período de recuperación de la inversión puede ser corto.

Fuente: Manual de Producción más Limpia. (PNUMA Francia 2009).

Política ambiental

La política ambiental establece los parámetros y directrices de las estrategias que serán adoptadas por la empresa. Esta política establece el compromiso que se adopta por parte de la empresa y sus objetivos medibles.

La política ambiental es la siguiente:

- Prevenir la contaminación en todas aquellas actividades que forman parte de la actividad general de la empresa.
- Aplicar el principio de mejora continua en aquellos aspectos ambientales significativos en los que la empresa puede tener influencia.
- Fomentar la formación y sensibilización de nuestros empleados.
- Mantener el cumplimiento con la Legislación y Reglamentación Ambiental aplicable y con todos los nuevos requisitos que se deriven de nuevas normativas.
- Proporcionar el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y metas ambientales.

Esta política está acompañada de una serie de estrategias que determinan las actividades correctivas y de prevención de generación de residuos y/o emisiones. Las estrategias basadas en una filosofía de Producción más Limpia son las siguientes:

Tabla IX. **Estrategias de la Producción más Limpia**

Factor	Estrategias
Ahorro económico:	Al ahorrar materia prima.
	Al lograr un consumo de energía más eficientes.
	Al generar menos desechos.
Reducción de Desechos	Más del 50% de los desechos se pueden evitar con simples medidas de manejo y cambios menores en los procesos.
Mejora de Procesos:	Más del 65% de las barreras de la Producción más Limpia están ligadas con la motivación y la actitud humana.

Fuente: Manual de Producción más Limpia. (PNUMA Francia 2009).

Beneficios de la Producción más Limpia

Además de los beneficios ambientales que podemos observar con la implementación de un programa de Producción más Limpia, se identifican otros, como lo son los beneficios financieros, operacionales y comerciales. Estos forman parte de la relación gana-gana de la política ambiental, los cuales se detallan a continuación:

A. Beneficios financieros

- Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de residuos.

- Aumento de las ganancias

B. Beneficios operacionales

- Aumento de la eficiencia de los procesos
- Mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional
- Mejora en las relaciones con la comunidad y la autoridad de aplicación ambiental.
- Reducción de la generación de residuos
- Aumento de la motivación del personal

C. Beneficios comerciales

- Mejora el posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- Mejora la imagen corporativa de la empresa
- Facilita el acceso a nuevos mercados
- Aumenta las ventas y el margen de ganancias

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL

5.1. Balance de masas

El control del balance de masas en los procesos es determinante para el equilibrio de los costos y de la reducción de fugas o pérdidas. Para mantener un estándar en un proceso es necesario reducir al máximo la incerteza de error en la medición de los materiales e insumos utilizados además de eliminar los procesos deficientes que permitan fugas del sistema o generen desechos.

La medición de los materiales e insumos utilizados en la elaboración de los diferentes modelos de envases plásticos, establece un parámetro guía para el control de la calidad del producto. La elaboración de tablas que especifiquen el parámetro de aceptación del producto determina un criterio estándar para el análisis de los procesos y la reducción del sobreconsumo de materiales y energía.

La figura 11 establece la información necesaria para realizar los ajustes a la maquinaria y para determinar la cantidad de materia prima necesaria para la elaboración del producto. Proporciona el peso del producto previo al proceso de acabados, esta medición determina si los ajustes de la maquinaria satisfacen el estándar establecido por el estudio del proceso. De no ser satisfactorio, es necesaria una revisión del equipo.

El peso del producto después del proceso de acabados establece si el producto posee las características necesarias para satisfacer las necesidades de los clientes. De no cumplir con el estándar, se deberán realizar los ajustes en la maquinaria para que el peso sea el adecuado.

El desperdicio o *scrap* es el material sobrante del proceso de moldeado. Este material es el que requiere mayor estudio. La cantidad de material de desperdicio debe ser reducido al máximo mediante ajustes de tiempos de cierre de molde y velocidad de descarga de material en el proceso de moldeado. El estudio de estas variables depende de la máquina y el tipo de materia prima que se utiliza en la elaboración del envase. Sus características establecen las limitantes físicas para la reducción.

La optimización del balance de masas tiene una relación directa con los niveles de utilización de los recursos energéticos, obteniendo un mayor aprovechamiento de los recursos de la empresa.

La minimización de los recursos utilizados en la elaboración de los productos, incrementa el margen de ganancia por unidad producida debido a una reducción del costo de producción, los materiales entrantes al proceso productivo son utilizados de forma eficiente, obteniendo mayor cantidad de piezas producidas sin incrementar el nivel de inventario de materiales.

Figura 11. Formato de especificaciones de productos

ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS					
Fecha de actualización:					
Proceso de manufactura:		Soplado		Inyección	
Código de producto	Peso sin acabado (gramos)	Peso con acabados (gramos)	Peso de desperdicio (gramos)	Dimensiones (milímetros)	Características

Elaborado por: _____

Fuente: elaboración propia.

5.2. Control de inventarios

Una estructura fortalecida en el control de los inventarios, establecida bajo las políticas de mejora continua, es determinante para el análisis de reducción de costos. Las entradas y salidas inesperadas o de emergencia del sistema de

inventario elevan el costo de los productos, debido a la inestabilidad de los precios del mercado. Este proceso afecta la proyección de los gastos de la empresa.

El abastecimiento de los inventarios debe tener un ritmo continuo y controlado por el ritmo de utilización, esto para incrementar los niveles de rotación de inventarios y reducir la adquisición de productos que permanecerán almacenados por un tiempo prolongado, elevando el costo de almacenamiento.

La información adquirida por el historial de compras y de egreso de los productos determina que productos son de alto consumo, estos se deben clasificar según su prioridad de utilización y su utilidad para la empresa.

Los productos de alta frecuencia de consumo y de bajo costo, son normalmente utilizados por los colaboradores de la empresa de forma desmesurada generando un consumo innecesario y de alto costo para la empresa.

La programación del abastecimiento implica determinar la cantidad adecuada y la secuencia de abastecimiento de productos, proyectando las necesidades de la empresa mediante un análisis de consumo de los productos, reduciendo las compras por emergencia e incrementando la disponibilidad de productos de alto consumo sin generar gastos adicionales debido a cambio de precios a través del tiempo por parte de los proveedores.

El nivel de requerimiento de materia prima es establecido por la programación de producción, determinando la demanda de producto terminado y la cantidad de materiales e insumos requeridos para el cumplimiento de la demanda.

En la sección de mantenimiento el nivel de requerimiento es establecido por la estadística de falla de la maquinaria y de la vida útil de los repuestos e insumos. La sustitución de piezas debido a emergencias o por trabajos correctivos no programados dificulta la programación del abastecimiento debido a la naturaleza impredecible de los acontecimientos.

El nivel de *stock* de repuestos debe ser evaluado para mantener un nivel de seguridad con el que se asegura el funcionamiento continuo de la maquinaria y la calidad de los elementos que serán utilizados.

En ambas secciones es imprescindible tener consideraciones de resguardo de los productos en el espacio físico de almacenamiento, entre ella se encuentran las siguientes:

- Establecer un sistema de codificación de los productos para el control de inventario.
- Integrar un sistema de control de entradas y salidas de los productos.
- Implementar un registro estadístico de los niveles de consumo de los productos.
- Mantener los productos en el área de almacenaje bajo las condiciones establecidas por el proveedor.
- Establecer un reglamento de almacén que asegure la utilización de forma adecuada de los productos.

5.3. Puntos de comparación

Los resultados obtenidos de las herramientas de evaluación determinan un estado o punto de estudio, que posee la información necesaria para apoyar la toma de decisiones en la implementación de un proyecto de mejora continua.

La documentación de diferentes estados de estudio brinda parámetros de análisis, que determinan los logros obtenidos y las variables que requieren mayores estudios para obtener los resultados deseados.

5.4. Mejora continua

El compromiso de la dirección de la empresa es elaborar productos de calidad bajo una política ambientalmente responsable, y para lograrlo, el análisis de los procesos y de las condiciones de trabajo deben ser continuamente optimizadas.

La eficiencia de la empresa representa una medición de los resultados obtenidos en los procesos optimizados y de las mejoras implementadas, dándole valor a los trabajos realizados y a la inversión realizada en cada proyecto. La búsqueda de estándares más altos de eficiencia y calidad, le brindan una ventaja competitiva a la empresa y mayor participación en el mercado.

El desarrollo interno continuo integra a los colaboradores de la empresa a participar en la mejora de calidad de los productos ya que obtienen beneficios debido a mejoras en las condiciones laborales y la reducción de trabajos innecesarios.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Evaluación ambiental previa a implementación

La consideración de los aspectos ambientales previos a un proceso de mejora, determina los sectores de mayor importancia que deben ser optimizados para el desarrollo de una metodología de Producción más Limpia.

La tabla X establece las consideraciones ambientales generales de un proceso de termoformado de polímeros para la elaboración de envases plásticos.

Tabla X. **Evaluación ambiental de la manufactura de envases plásticos**

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE CONTROL
Descarga y alimentación de materias primas	Emisiones atmosféricas de material particulado.	Contaminación al aire por material particulado.	Contaminación al aire por material particulado.
Fabricación de compuestos y transformación	Consumo de materias primas.	Afectación de recursos por desperdicio de materias primas.	Control de sobrepeso. Recuperación de desperdicios.
	Consumo de energía.	Afectación de recursos por desperdicio de energía.	Programas de reducción energética.

Continuación de la tabla X.

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE CONTROL
	Consumo de agua.	Afectación de recursos por desperdicio de agua.	Programas de racionalización de consumo y eliminación de fugas. Cerrar circuitos.
	Generación de residuos sólidos.	Carga al relleno sanitario con materiales quemados (scrap), barredura con compuesto.	Programa de selección y reducción de residuos sólidos. Optimización del control de procesos.
	Vertimientos de aguas residuales del proceso.	Contaminación del agua con sustancias contenidas en los vertimientos.	Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua del proceso. Medición y control de la calidad físico-química del agua.
Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura.	Generación de residuos.	Carga al relleno sanitario con repuestos, trapos, aceites, baterías, papel, empaques y envases.	Programas de devolución al proveedor, reciclaje o incineración controlada.

Fuente: Guías ambientales sector plástico. Ministerio de ambiente. Colombia 2004.

Utilizando la medición de los aspectos ambientales apoyada de estudios especializados, se determina las deficiencias del proceso que afecta directa e indirectamente al ambiente y su influencia en los costos operativos de la empresa.

6.2. Evaluación de seguridad de empleados

La integridad física de la fuerza laboral de la empresa debe ser resguardada bajo estándares de seguridad. Las condiciones de trabajo deben facilitar la ejecución de las actividades laborales y reducir el riesgo de accidentes debido a la naturaleza de los procesos productivos.

El análisis de las actividades desarrolladas en el área de trabajo determina los riesgos a los que está expuesto el trabajador. Los riesgos deben ser reducidos mediante un reglamento de seguridad y control. La prevención de accidentes y la supervisión de la seguridad de los trabajadores es un compromiso de la empresa y es responsable de mantener un ambiente laboral adecuado para el desarrollo integral de sus trabajadores.

La tabla XI determina un análisis de los riesgos y las medidas de control necesarias para la elaboración de envases plásticos.

Tabla XI. **Evaluación de riesgos en la manufactura de envases plásticos**

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
Descarga y alimentación de materias primas. Fabricación de compuestos	Material particulado en el ambiente	Afectación a la salud	Sistemas de captación y recuperación de polvos. Utilización de máscaras para polvos y protección ocular
ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
	Ruido	Hipoacusia	Aislamiento acústico de los sistemas, mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica
	Volátiles generados en el proceso	Afectación a la salud por una sobre exposición a sustancias nocivas	Ventilación del área. Utilización de máscaras durante el arranque de máquinas
	Calor	Stress Térmico	Aislamiento térmico de los sistemas. Ropa de trabajo liviana y ventilación del área
Transformación	Ruido	Hipoacusia	Mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica

Continuación de la tabla XI.

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
	Arranque de máquinas	Afectación a la salud por emisiones de gases de los materiales de arranque	Máscara para gases
	Calor	Stress Térmico	Aislamiento térmico de los sistemas. Ropa de trabajo liviana y ventilación del área
	Posible degradación de los materiales por corte de energía	Afectación a la salud por altas emisiones de gases	Utilización de máscaras para gases. Sistemas propios de generación de energía para emergencias
Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura	Peligros mecánicos y eléctricos	Accidentes de trabajo	Capacitación y entrenamiento. Instructivos claros de proceso

Fuente: Guías ambientales sector plástico. Ministerio de ambiente. Colombia 2004.

6.3. Evaluación ambiental proyectada

El desarrollo de proyectos de mejora continua bajo una política ambiental responsable debe poseer metas y objetivos que impulsen una reducción en el impacto ambiental de las actividades productivas.

La proyección de los resultados que se obtendrán mediante la implementación de técnicas de mejora continua establece la medida de las metas y objetivos, acoplándose a las posibilidades de la organización y a los objetivos de la estrategia de Producción más Limpia.

Control y monitoreo

Para garantizar la conservación y cuidado del medio ambiente es necesario realizar un seguimiento de las actividades destinadas para tal fin, verificando el cumplimiento de los requerimientos ambientales y las medidas de manejo y control ambiental propuestas. Se deben realizar además evaluaciones antes, durante y después del proyecto ambiental, con el fin de identificar y valorar sus posibles impactos y efectos en los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno donde se pretende adelantar.

El monitoreo ambiental hace relación a la definición de parámetros que se desean medir, frecuencia recomendada, sitios o momentos en los que se debe realizar, técnicas aplicables y sustento normativo o jurídico que justifica el cumplimiento de estos requerimientos y la evaluación de los resultados.

El sistema de monitoreo debe llevar un registro completo y un soporte de documentos que lleven paso a paso las actividades relacionadas con el termo formado de envases plásticos, identificando en cada una de sus etapas el impacto ambiental, sus riesgos, los mecanismos de prevención, control, mitigación y reducción, así como los sistemas de tratamiento de residuos sólidos generados en los sistemas de mitigación y su efectividad.

Alcance

El desarrollo de las técnicas de Producción más Limpia, permiten establecer metas y alcances de la política ambiental, los más representativos son los siguientes:

- Reducción de un 60% de la emisión de CO₂ debido a la incineración de materia durante los periodos de purga.
- Reducción de un 20% anual en el consumo eléctrico con la utilización de nuevas tecnologías más eficientes.
- Reducción de un 30% en la generación de residuos de los procesos productivos.
- Incremento de un 22% de la eficiencia de trabajo de la empresa.

El impacto económico de las estrategias adoptadas sería el siguiente:

- Reducción de costo de materia prima e insumos.
- Reducción de costo de almacenaje de *scrap* o residuos.
- Reducción del costo operativo debido a la optimización del tiempo de fabricación.
- Reducción del costo por unidad producida.

CONCLUSIONES

1. Los residuos del proceso de moldeado, purga y producto con fallas, son reutilizados en el proceso de manufactura ya que poseen características aprovechables. Esta condición ha generado una desvalorización de la materia prima dentro de los operarios generando altas cantidades de desechos. Incrementando en gran manera la cantidad de recursos energéticos utilizados ya se necesita realizar una mayor cantidad de operaciones para el cumplimiento de la demanda.
2. El desequilibrio del balance de masas en un proceso, determina que se requiere una mayor cantidad de materiales para la elaboración de un producto. Este incremento de material representa un mayor esfuerzo de parte de la maquinaria para el procesamiento, requiriendo más recursos energéticos y tiempo de lo necesario. El control del manejo de los materiales influye en los niveles de aprovechamiento energético de la empresa.
3. La matriz MED, el balance de masas y la eficiencia de consumo eléctrico, son los indicadores que permiten formar un criterio para determinar las posibles causas de pérdidas y fugas en los procesos. Permiten evaluar el funcionamiento y los recursos utilizados en los procesos, considerando diferentes aspectos de importancia.

4. Es necesario implementar mayor orden y limpieza en las áreas de trabajo para eliminar los elementos que impidan operar de forma adecuada. La filosofía de 5'S establece etapas las cuales se deben cumplir como primer paso para lograr buenos resultados.
5. El programa de mantenimiento actual cuenta con varias deficiencias y limitantes que no le permite determinar una medición real de su capacidad y eficiencia. La implementación de indicadores y rangos de calificación, establecerá metas y objetivos, que busquen la mejora continua de la calidad de las actividades de mantenimiento.
6. Un programa de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos y reduce los tiempos muertos en la maquinaria.
7. Las nuevas tecnologías que aprovechan de forma eficiente los recursos energéticos, contribuyen a una reducción del 20% anual del consumo eléctrico. Esto brinda la oportunidad a la inversión, teniendo un periodo de retorno menor a los 8 años.
8. La medición continúa del consumo energético de la empresa, establece los parámetros de comparación, que determinan si las innovaciones y los procesos están aportando beneficios a la empresa.
9. Según los cálculos realizados se puede obtener un incremento del 22% de la eficiencia operativa de la maquinaria, esto significa que el desperdicio será reducido en una medida proporcional a este porcentaje, cumpliéndose así los objetivos ambientales de la política ambiental.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar constantemente, a los empleados respecto de nuevas metodologías de mantenimiento y herramientas de gestión de calidad que le sirvan para aumentar su rendimiento y productividad personal.
2. Adquirir equipo actualizado de medición y de ensayos de resistencia, para el departamento de calidad que faciliten la obtención de datos con mayor precisión.
3. Implementar un programa de control de inventarios en las bodegas de almacenaje de materia prima y repuestos, que permita realizar un estudio estadístico de las entradas y salidas de productos, con el fin de establecer una estrategia de abastecimiento de inventarios.
4. Formar un equipo de trabajo que realice la labor de auditoría ambiental e inspeccione los avances de los programas propuestos.
5. Realizar pruebas piloto en la maquinaria de las innovaciones tecnológicas, para evaluar los resultados obtenidos y los ajustes necesarios para el aprovechamiento máximo.
6. Eventualmente realizar pruebas de desempeño a los trabajadores para comprobar los resultados de la capacitación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARAUZ RAMIREZ, Ana Isabel. *Propuesta de un programa de mantenimiento en una empresa manufacturera de ejes de tracción*. México: Instituto Politécnico Nacional, 2009. 200 p.
2. CASTELLS, Xavier Elías. *Reciclaje de residuos industriales*. 2a ed. España: Díaz de Santos, 2009. 1251 p.
3. CENTRO DE PROMOCIONES DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES. *Guía Técnica General de Producción más Limpia*. Bolivia: CTPS, 2005. 192 p.
4. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE ARGENTINA. *Manual de Introducción a la Producción más Limpia en la Industria*. [en línea]. [ref. 8 septiembre 2011]. Disponible en Web: <<http://www.ingenieroambiental.com/4014/novedades23.pdf>>.
5. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE HONDURAS. *Guía de Producción más Limpia para la industria forestal primaria (aserraderos)*. Honduras: AGA & Asociados, 2009. 79 p.
6. DENTON, D. Keith. *Seguridad industrial: administración y métodos*. México: McGraw-Hill. 1984. 342 p.

7. FÚQUENE RETAMOSO, Carlos Eduardo. *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2007. 112 p.
8. GONZALEZ CASELLAS, Ana Lucia. *Reducción de costos de producción en una empresa de envases plásticos*. [en línea]. [ref. 6 octubre 2011]. Disponible en Web:
<<http://www.tesis.ufm.edu.gt/pdf/2859.pdf>>.
9. ONUDI. *Manual de Producción más Limpia*. [en línea]. [ref. 18 septiembre 2011]. Disponible en Web:
<http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_01/1-Textbook.pdf>.
10. Organización de las Naciones Unidas; CEPAL. *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. [en línea]. [ref. 17 octubre 2011]. Disponible en Web:
< www.eclac.org/publicaciones/xml/7/22987/105.pdf >.
11. PARTIDÁRIO, Maria do Rosárioa. *Conceptos, evolución y perspectivas de la evaluación ambiental estratégica*. [en línea]. [ref. 20 Agosto 2011]. Disponible en Web:
<http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/ease_taller_08_m2_anexo1.pdf>.
12. PÉREZ, Carlos. *Compilado de manufactura de polímeros*. Guatemala: USAC, Facultad de Ingeniería, 2004. 20 p.

13. PNUMA. *Producción más Limpia, concepto y antecedentes*. [en línea]. [ref. 15 julio 2011]. Disponible en Web:
< http://www.pnuma.org/industria/produccion_limpia.php >.

14. POSADA, Enrique. *Guía de buenas prácticas en uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas*. Colombia: Clave, 2002. 128 p.

15. SANDOVAL ALVARADO, Leandro. *Manual de Tecnologías Limpias en PyMEs del Sector Residuos Sólidos*. [en línea]. [ref. 28 Agosto 2011]. Disponible en Web:
<http://www.placc.org/biblioteca/doc_view/236-manual-de-tecnologias-limpias-en-pymes-de-residuos-solidos.html>.

APÉNDICES

Apéndice 1. Método de evolución de condiciones

EVALUACION DE CONDICIONES			
FECHA:	SEPTIEMBRE, 2011		
EVALUADOR:	LESTER SMEILY FIGUEROA MAZARIEGOS		
TIEMPO DE CICLO:	30 MINUTOS	TURNO:	Diurno
NO. DE CICLOS:	24 CICLOS	NO. DE TURNOS:	2
TIPO DE INSPECCION:	VISUAL		
FICHA DE INFORMACIÓN			
ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	NOMBRE	NOMENCLATURA	
	Trabajando	T	
	Stand By	PE	
	Mantenimiento	R	
	Montaje de Molde	MM	
	Apagada	A	
TIPO DE MAQUINARIA	NOMBRE	NOMENCLATURA	CANTIDAD
	Sopladora	S	26
	Inyectora	Y	9
	Compresor	C	2
	Enfriador o Chiller	R	5
	Serigrafía	Serigrafía	1
	Molino	Molino	1

Apéndice 2. Evaluación de jornada Diurna 1

		MAQUINARIA																							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S23	S24	
HRS		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
07:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
07:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
08:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
08:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
09:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
09:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
10:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
10:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
11:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
11:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
12:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
12:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
13:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
13:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
14:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
14:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
15:00		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
15:30		MM	T	T	T	MM	T	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
16:00		T	T	T	T	MM	PE	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
16:30		T	T	T	T	MM	PE	T	A	T	A	PE	PE	PE	R	T	MM	A	PE	MM	T	A	A	T	
17:00		T	T	T	T	MM	A	T	A	T	A	T	T	T	R	T	A	A	R	T	T	A	A	T	
17:30		T	T	T	T	MM	A	T	A	T	A	T	T	T	R	T	A	A	R	T	T	A	A	T	
18:00		T	T	T	T	MM	A	T	A	T	A	T	T	T	R	T	A	A	R	T	T	A	A	T	
18:30		T	T	T	T	MM	A	T	A	T	A	T	T	T	R	T	A	A	R	T	T	A	A	T	
19:00		T	T	T	T	MM	A	T	A	T	A	T	T	T	R	T	A	A	R	T	T	A	A	T	

JORNADA DIURNA NO. 1

MAQUINARIA

HRS	S25	S26	S27	S28	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	INO	GRA	E1	E2	E6	E8	E11	C4	C5
07:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
07:30	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
08:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
08:30	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
09:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
09:30	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
10:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
10:30	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
11:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
11:30	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
12:00	T	T	T	T	A	MM	PE	T	MM	T	A	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T
12:30	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T
13:00	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T
13:30	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T
14:00	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T
14:30	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T
15:00	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T
15:30	T	T	T	T	A	PE	PE	PE	MM	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T
16:00	T	T	T	T	A	PE	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T
16:30	T	T	T	T	A	PE	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T
17:00	T	T	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
17:30	T	T	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
18:00	T	T	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
18:30	T	T	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
19:00	T	T	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Apéndice 3. Evaluación de jornada Diurna 2

		JORNADA DIURNA NO. 2																							
		MAQUINARIA																							
HRS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S23	S24		
07:00	T	T	PE	T	T	A	T	A	T	T	PE	T	T	PE	T	PE	A	PE	T	PE	PE	PE	A	T	
07:30	T	T	PE	T	T	A	T	A	T	T	PE	T	T	PE	T	PE	A	PE	T	PE	PE	PE	A	T	
08:00	T	T	PE	T	T	A	T	A	T	T	PE	T	T	PE	T	PE	A	PE	T	PE	PE	PE	A	T	
08:30	T	T	PE	T	T	A	T	A	T	T	PE	T	T	PE	T	PE	A	PE	T	PE	PE	PE	A	T	
09:00	T	T	R	T	PE	A	MM	A	T	T	MM	R	T	PE	T	T	A	PE	T	T	MM	MM	A	T	
09:30	T	T	R	T	PE	A	MM	A	T	T	MM	R	T	A	T	T	A	PE	T	T	MM	MM	A	T	
10:00	T	T	R	T	PE	A	MM	A	T	T	MM	R	T	A	T	T	A	PE	T	T	MM	MM	A	T	
10:30	T	T	R	T	PE	A	MM	A	T	T	MM	R	T	A	T	T	A	PE	T	T	MM	MM	A	T	
11:00	T	T	T	T	R	A	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
11:30	T	T	T	T	R	A	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
12:00	T	T	T	T	R	A	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
12:30	T	T	T	T	R	A	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
13:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
13:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
14:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
14:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	MM	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
15:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	A	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
15:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
16:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
16:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
17:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
17:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
18:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
18:30	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	
19:00	T	T	T	T	T	MM	MM	A	T	T	MM	T	T	PE	T	T	A	T	T	T	MM	MM	A	T	

JORNADA DIURNA NO. 2

HRS		MAQUINARIA																						
		S25	S26	S27	S28	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	MOLINIGRA	E1	E2	E6	E8	E11	C4	C5		
07:00	T	PE	T	T	A	A	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	
07:30	T	PE	T	T	A	A	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
08:00	T	PE	T	T	A	A	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
08:30	T	PE	T	T	A	A	T	T	T	A	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
09:00	T	A	T	PE	A	A	T	T	T	PE	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
09:30	T	A	T	PE	A	A	T	T	T	PE	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
10:00	T	A	T	PE	A	A	T	T	T	PE	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
10:30	T	A	T	PE	A	A	T	T	T	PE	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
11:00	T	A	A	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
11:30	T	A	A	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
12:00	T	A	A	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
12:30	T	A	A	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
13:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
13:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
14:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
14:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
15:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
15:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
16:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
16:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
17:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
17:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
18:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
18:30	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T
19:00	T	A	T	T	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Apéndice 4. Resumen de evaluación de estado de trabajo de maquinaria

		ESTADO DE MAQUINARIA (HORAS)				
		APAGADA	STAND BY	REPARACIÓN	MONTAJE DE MOLDE	TRABAJANDO
MAQUINA	S1	0	0	0	9	15
	S2	0	0	0	0	24
	S3	0	2	2	0	20
	S4	0	0	0	0	24
	S5	0	2	2	12	8
	S6	9	1	0	5	7
	S7	0	0	0	10	14
	S8	24	0	0	0	0
	S9	0	0	0	0	24
	S10	0	0	0	0	24
	S11	12	0	0	0	12
	S12	0	6	2	4	12
	S13	0	9	0	0	15
	S14	6	6	12	0	0
	S15	0	4	0	0	20
	S16	2	2	0	8	12
	S17	24	0	0	0	0
	S18	0	7	7	0	10
	S19	0	0	0	10	14
	S20	0	2	0	0	22
	S21	12	2	0	10	0
	S23	24	0	0	0	0
	S24	0	0	0	0	24
	S25	0	0	0	0	24
	S26	10	2	0	0	12
	S27	0	2	0	0	22
	S28	0	2	0	0	22
	Y1	24	0	0	0	0
	Y2	16	3	0	5	0
Y3	0	6	0	0	18	
Y4	0	3	0	0	21	
Y5	2	4	0	7	11	
Y6	5	0	0	0	19	
Y7	4	0	0	0	20	
Y8	5	0	0	0	19	
Y9	0	0	0	0	24	
TOTAL	179	65	25	80	513	
PROMEDIO	4.9722222	1.8055556	0.69444444	2.2222222	14.25	

Apéndice 5. **Medición de consumo eléctrico**

**MEDICIONES DE CONSUMOS ELÉCTRICOS
EN CICLOS DE 30 MINUTOS**

HORA	Medición 1 de consumo (Kwtt/hr)	Medición 2 de consumo (Kwtt/hr)	Medición de Consumo Promedio (Kwtt/hr)
07:00	941	960	950.5
07:30	967	1142	1054.5
08:00	997	981	989
08:30	878	997	937.5
09:00	833	903	868
09:30	840	948	894
10:00	864	1047	955.5
10:30	1017	987	1002
11:00	1062	964	1013
11:30	941	1048	994.5
12:00	990	944	967
12:30	1010	1052	1031
13:00	996	1052	1024
13:30	961	1132	1046.5
14:00	1030	1139	1084.5
14:30	1041	1218	1129.5
15:00	1159	1197	1178
15:30	1082	1187	1134.5
16:00	1084	1213	1148.5
16:30	1231	1134	1182.5
17:00	1256	1145	1200.5
17:30	1218	1243	1230.5
18:00	1129	1234	1181.5

ANEXOS

Máquina Sopladora de plástico



Fuente: <http://www.plantas-embotelladoras.info>

Máquina Sopladora de plástico



Fuente: <http://www.inyectorasdeplastico.co/>