



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Contaduría Administración  
Maestría en Administración

Administración de la producción más limpia en una fábrica de chocolates

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Administración

**Presenta:**

Amador Villegas Trejo

**Dirigido por:**

M. en C. Antonio Aranda Regalado

**SINODALES**

M. en C. Antonio Aranda Regalado  
Presidente

M. en A. Josefina Moreno y Ayala  
Secretario

M. en A. Arturo Castañeda Olalde  
Vocal

M. en A. Guillermina Velázquez García  
Suplente

Dr. Fernando Barragán Naranjo  
Suplente

M. en I. Héctor Fernando Valencia Pérez  
Director de la Facultad de Contaduría y  
Administración

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de Investigación y  
Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Enero, 2010  
México

## RESUMEN

De acuerdo con la definición de la UNEP, la producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral enfocada hacia procesos productivos, productos y servicios a fin de incrementar la eco eficiencia y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente. La producción más limpia está dirigida a minimizar el uso de recursos y evitar la creación de contaminantes, preferentemente manejarlos antes de crearlos. Esto implica volver a pensar en los productos, procesos y servicios y dirigirlos hacia un desarrollo sustentable. El objetivo de este trabajo fue aplicar la metodología de producción más limpia al proceso productivo de una empresa de chocolates. El trabajo consistió en un programa ambiental para lograr reducir las emisiones a la atmósfera, el consumo de materias primas, consumo de energéticos, el daño ecológico y costo de la administración de la empresa. La identificación se hizo por estudios y evaluación en las áreas potenciales de reducción de emisiones y energía. Se hizo un estudio de factibilidad atacando primero aquellas áreas de oportunidad de alto impacto y menor costo de implementación como fueron: Reducción de consumo de energía eléctrica, reducción del consumo de gas LP, reducción en consumo de materiales y reducción de residuos sólidos. Con estas acciones el ahorro por cambio de manejo de grasa vegetal fue de \$1 238,880.00 anuales, el ahorro de gas LP de \$30,240.00, ahorro de energía eléctrica de \$ 114,606.00, ahorro en consumo de agua de \$7,488.00, obteniendo un ahorro económico total anual de \$1,353486.00 y un beneficio ambiental reflejado en una disminución en la generación de CO<sub>2</sub> de 1530 ton. Equivalentes/año y 50 toneladas de residuos sólidos.

**(Palabras clave:** producción más limpia, manejo de residuos, eficiencia energética, mejora continua, costos).

## SUMMARY

According to definition of the UNEP, cleaner production is the constant application of a preventive and integral environment strategy focused on productive processes, products and services with the goal of increase eco-efficiency and reducing risks for humans and the environment. Cleaner production is aimed at minimizing the use of resources and avoiding the creation of contaminants, preferably by preventing them before creating them. This implies rethinking products, processes and services directing them towards sustainable development. The objective of this work was to apply the cleaner production methodology to the productive process of a chocolate company. The work consisted of an environment program for reducing emissions into the atmosphere, consumption of raw material, energy consumption, ecological damage and the administrative costs of the company. Identification was carry out by studies and evaluations in the potential areas of emission and energy reduction. A feasibility study was done, first attacking the areas of opportunity with high impact and lower implementation costs such as: reduction in electric energy consumption, reduction in LP gas consumption, reduction in the consumption of materials and solid waste reduction. With these actions, the saving from the change in handling vegetable fats was \$1,238,880.00 pesos per year, LP gas savings was \$30,240.00, the savings in electrical energy was \$114,606.00 pesos and in water consumption, \$7,488.00 pesos, thus obtaining a total annual savings of \$1,353,486.00 pesos and an environment benefit which was reflected in a decrease in the generation of CO<sub>2</sub> of 1,350 tons yearly/equivalent and 50 tons of solid waste.

**(Key words:** cleaner production, handling of waste, energy efficiency, constant improvement, costs)

## Agradecimientos

Para la realización de la presente investigación se contó con el apoyo desinteresado de los profesores de la Facultad de Posgrado en Administración, en especial del Dr. Fernando Barragán Naranjo, el M. en C. Antonio Aranda Regalado y la M. en A. Josefina Moreno y Ayala, quienes me ofrecieron su apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

Mi agradecimiento al Sr Gilberto Galvez Sánchez y a Ricardo Galvez Prevost directivos de empresa Chocolates Procali del Centro S.A. de C.V. por permitir la realización de este trabajo y el apoyo total.

Agradezco a las personas involucradas en el proceso de estudio de la maestría por alentarme y apoyarme a perseverar en el cumplimiento de mis metas. En particular a mi esposa Ma. Guadalupe Delgado Robles y a mis hijas Elisa Karina y Karla Iliana.

## ÍNDICE

Página

Resumen	i
Summary	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1. Problema ambiental en México.	3
2.1.1. (Ley general para la prevención y gestión integral de residuos, 2003)	3
2.1.2. (Ley General de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1988)	5
2.2. Metodología de producción mas limpia	11
2.2.1 Fase 1: Planeación y organización del programa P+L	15
2.2.1.1 Obtener el compromiso de la Gerencia y personal de la empresa.	15
2.2.1.2 Establecer el equipo del proyecto de P+L.	15
2.2.1.3 Definir las metas de P+L en la empresa.	17
2.2.1.4 Identificar barreras y soluciones en el proyecto de P+L	18
2.2.2 Fase 2: Pre evaluación	20
2.2.2.1 Recopilar información sobre las actividades operativas	20
2.2.2.2 Desarrollar diagrama de flujo del proceso	21
2.2.2.3 Evaluar entradas y salidas.	22
2.2.2.4 Definir enfoque de la evaluación.	22
2.2.3 Fase 3: Evaluación	23
2.2.3.1 Realizar el balance de materia y energía	23

2.2.3.2	Evaluar las causas.	24
2.2.3.3	Generar opciones de P+L	25
2.2.3.4	Cambios en la materias primas	25
2.2.3.5.	Cambios en la tecnología	26
2.2.3.6	Buenas practicas operativas	26
2.2.3.7.	Cambios en los productos	26
2.2.3.8.	Reuso y reciclaje en planta	27
2.2.3.9.	Seleccionar las opciones de P+L	27
2.2.3.10	Organizar las opciones por operación especifica	27
2.2.3.11.	Evaluar las interferencias mutuas	28
2.2.3.12.	Implantar las opciones factibles.	28
2.2.3.13.	Eliminar las opciones no factibles	28
2.2.3.14.	Opciones prioritarias	28
2.2.4	Fase 4: Estudio de factibilidad.	29
2.2.4.1	Evaluación preliminar	29
2.2.4.2	Opciones técnicas vs procedimientos.	29
2.2.4.3	Opciones relativamente sencillas vs complejas	29
2.2.4.4	Opciones de bajo, medio o alto costo	30
2.2.4.5	Evaluación técnica	30
2.2.4.6	Evaluación económica	30
2.2.4.7.	Evaluación ambiental	31
2.2.4.8.	Seleccionar opciones factibles	32
2.2.5	Fase 5: Implementación y seguimiento de las acciones P+L	33
2.2.5.1	Preparar un plan de acción	34
2.2.5.2	Implementar las acciones de P+L.	35
2.2.5.3	Monitorear resultados de las acciones implantadas.	36
2.2.5.4	Asegurar la continuidad del programa de P+L.	36
2.2.5.5	Herramientas para el desempeño.	37
2.2.5.6.	Aplicaciones de la producción más limpia.	37
2.2.5.7.	Administración de procedimientos de producción	38
2.2.5.8.	Sustitución de materiales	38

2.2.5.9.	Rediseño del producto	38
2.2.5.10	Aprovechamiento de residuos	39
2.2.5.11.	Mejoramamiento del proceso	39
2.2.5.12	Gestión de Proveedores	39
2.2.5.13.	Almacenamiento	40
2.2.5.14.	Alimentación	41
2.3	Casos exitosos de P+L	41
2.4	Datos generales de la empresa	45
2.5	Proceso de fabricación de chocolate	45
III.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	49
IV.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	50
V.	METODOLOGÍA	51
5.1	Evaluación general de oportunidades de P+L en una fábrica de chocolate.	51
5.1.1	Fases de la metodología de P+L aplicada a Chocolates Procali del Centro S.A. de C.V.	52
5.1.1.1	Fase 1: Planeación y organización del programa P+L	52
5.1.2.	Fase 2: Evaluación.	53
5.1. 2.1.	Balances de materia y energía del proceso general.	53
5.1.2.2.	Balance de materia y energía en Mezcladoras	54
5.1.2.3.	Balance de materia y calor en conchado.	56
5.1.2.4.	Fundidor de grasa vegetal.	58
5.1.2.5.	Procedimiento de operación y manejo de materiales	64
5.1.2.6.	Equipos de proceso	65
5.1.2.7.	Organización.	68
5.1.2.8.	Otros	68
5.1.3.	Fase 3: Evaluación	69
5.1.3.1.	Evaluación de materiales y energía	69
5.1.3.1.1	Consumo y costo de electricidad	69
5.1.3.1.2	Costo y consumo de gas	71
5.1.3.1.3	Costo y consumo de agua	72

5.1.3.2.	Evaluación de causas de los costos altos	73
5.1.3.2.1	Causas de alto consumo de energía eléctrica	73
5.1.3.2.2.	Consumo de combustible	75
5.1.3.2.3.	Costo y consumo de agua.	75
5.1.3.2.4.	Otros	75
5.1.4	Fase 4: Estudio de factibilidad	76
5.1.4.1.	Eliminar cargo por factor de potencia	76
5.1.4.2.	Disminuir cargo por demanda máxima	76
5.1.4.3.	Disminuir cargo por alta temperatura cámara refrigeración	77
5.1.3.4.4	Disminuir consumo gas LP.	78
5.1.3.4.5	Disminución de consumo y facturación de agua	79
5.1.3.4.6	Reducción de residuos sólidos y facturación de grasa vegetal	81
5.1.5.	Fase 5: Implementación y seguimiento de las acciones de P+L	82
5.1.5.1.	Monitoreo de las acciones P+L	82
5.1.5.2.	Índices energéticos	83
VI.	RESULTADOS Y RECOMENDACIONES	84
VII	CONCLUSIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	99



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Resultados de la intervención	43
2	Resultados de la aplicación	44
3	Costo energía eléctrica (noviembre del 2008)	70
4	Costo y consumo energía eléctrica Chocolates Procali	71
5	Costo y consumo de gas Chocolates Procali (enero 2008 a noviembre de 2008)	72
6	Balance de agua	79
7	Consumo de agua actual por usuario	80
8	Resumen de acciones efectuadas de P+L	82
9	Ahorro de energía al bajar factor de potencia	84
10	Ahorro de energía por reducción demanda máxima.	84
11	Ahorro energía por temperatura cámara refrigeración.	85
12	Comparativa antes y después P+L	85
13	Facturación gas 2008 y 2009	86
14	Ahorro consumo de agua con cambio a CEA	87
15	Ahorro por manejo grasa vegetal a granel.	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diagrama general de flujo y balance materia L-1	53
2	Base de calculo: Una carga de mezcladora	54
3	Balance de materia y energía conchado	56
4	Diagrama del balance del tanque fundidor de grasa.	58
5	Distribución por tipo de producto	61
6	Organigrama	68
7	Costo energía eléctrica/kg producción	83
8	Producción mensual y consumo de gas.	89
9	Factor de potencia	90
10	Cambios en la demanda y factor de potencia	90

## I. INTRODUCCIÓN

La producción más limpia es un término que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este aplica de igual manera al sector de servicio, a los sistemas de transporte y a la agricultura, no se trata de una definición legal ni científica que pueda ser sometida a exámenes minuciosos, análisis o disputas sin sentido. Es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización de desechos, elusión de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos. La producción más limpia hace referencia a una mentalidad que enfatiza la producción de nuestros bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología actual y límites económicos (CNUMA, 1992).

Reconoce que la producción no puede ser absolutamente limpia. La realidad práctica asegura que habrá residuos de algún tipo, de varios procesos y productos obsoletos. Sin embargo se puede – y se debe-, esforzar, para hacer las cosas mejor que en el pasado, si es que se quiere que el planeta siga siendo habitable.

La producción más limpia no desconoce el progreso, solo insiste en que el crecimiento es ecológicamente sostenible en un período más largo que aquel que han estado utilizando los economistas. Es importante tener una visión más clara de lo que no es producción más limpia. Algunos conceptos erróneos populares – por ejemplo, que el reciclaje y el tratamiento de aguas constituyen en sí una producción más limpia – deben refutarse constantemente, puesto que muchos intereses establecidos tratan de reclasificar los programas existentes bajo un nuevo título más popular. El PNUMA (Programa de las naciones unidas para el medio ambiente) adoptó la siguiente definición: “La producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental y preventiva, integrada para los procesos y los productos, con el fin de reducir los riesgos al ser humano y al medio ambiente”.(PNUMA, 1990).

El énfasis principal es claro, al igual que la prevención durante el proceso manufacturero, también es importante el tomar un enfoque del ciclo de vida

para los productos en sí. La producción más limpia involucra la aplicación del conocimiento, el mejoramiento de las tecnologías y – sobre todo – el cambio de actitudes en muchos lugares.

Para los procesos de producción, la producción más limpia incluye la conservación de la materia prima y la energía, la disposición de materiales tóxicos o peligrosos y la reducción de las emisiones y los desechos en la fuente.

Para los productos, la estrategia se enfoca a reducir los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida de los artículos producidos, desde su creación, pasando por su utilización y hasta su disposición final.

Cuando se logra un sistema de cuidado de calidad con la visión de la producción más limpia, se tienen mejoras continuas, sin tomar en cuenta los posibles certificados que se puedan obtener a lo largo del proceso. Este esfuerzo por alcanzar las mejoras continuas, es una característica del concepto de producción más limpia.

En el caso específico de Chocolates Procali del Centro se consideró la aplicación de la metodología de producción más limpia para el logro de la disminución y control de las emisiones, residuos peligrosos y no peligrosos, la reducción de los costos de producción a través de un balance adecuado de las materias primas y de los energéticos utilizados durante todo el proceso productivo manteniendo en forma continua las condiciones especificadas y llevando control sobre las variables críticas para garantizar la continuidad de las acciones.

Con esta estrategia Chocolates Procali de Centro S.A. de C.V., logró en forma preventiva e integral la disminución de emisiones atmosféricas y de residuos sólidos basado en un sistema de manejo ambiental.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Problemática Ambiental en México

#### 2.1.1 (Ley general para la prevención y gestión integral de residuos, 2003)

“Manejo Integral: Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

A manera de ejemplo, se citan a continuación algunas de las definiciones contenidas en la Ley General respecto de los componentes del manejo integral de los residuos (Cortinas, 2006):

1. Aprovechamiento de los Residuos: conjunto de acciones para recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía.
2. Co-procesamiento: integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo.
3. Disposición Final: acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las

consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

4. Incineración: cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión, como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia, eficacia y los parámetros ambientales previamente establecidos.

5. Producción Limpia: proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos.

6. Reciclado: transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos

7. Reutilización: el empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación

8. Separación Primaria: acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos, en los términos de esta Ley

9. Separación Secundaria: acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean

inorgánicos y susceptibles de ser valorizados en los términos de esta Ley

10. Tratamiento: procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad

11. Termólisis: proceso térmico a que se sujetan los residuos en ausencia de, o en presencia de cantidades mínimas de oxígeno, que incluye la pirolisis en la que se produce una fracción orgánica combustible formada por hidrocarburos gaseosos y líquidos, así como carbón y una fase inorgánica formada por sólidos reducidos metálicos y no metálicos, y la gasificación que demanda mayores temperaturas y produce gases susceptibles de combustión

12. Tratamientos por Esterilización: procedimientos que permiten, mediante radiación térmica, la muerte o inactivación de los agentes infecciosos contenidos en los residuos peligrosos

13. Valorización: principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica”.

#### 2.1.2. (Ley General de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1988).

Artículo 1o.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas

sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;

II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;

III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;

VII.- Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;



VIII.- El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución;

IX.- El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental, y

X.- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

#### Autorregulación y Auditorías Ambientales

Artículo 38.- Los productores, empresas u organizaciones empresariales podrán desarrollar procesos voluntarios de autorregulación ambiental, a través de los cuales mejoren su desempeño ambiental, respetando la legislación y normatividad vigente en la materia y se comprometan a superar o cumplir mayores niveles, metas o beneficios en materia de protección ambiental.

### TITULO CUARTO

#### Protección al Ambiente

#### Disposiciones generales

Artículo 109 Bis.- La Secretaría, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, deberán integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua,

suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. La información del registro se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Secretaría, o autoridad competente del Gobierno del Distrito Federal, de los Estados, y en su caso, de los Municipios.

Artículo 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y

II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

## Capítulo II

### Prevención y control de la contaminación de la atmósfera

Artículo 111.- Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría tendrá las siguientes facultades:

I.- Expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del territorio nacional, con base en los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de

contaminantes en el ambiente, determinados por la Secretaría de Salud;

II.- Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera de jurisdicción federal, y coordinarse con los gobiernos locales para la integración del inventario nacional y los regionales correspondientes;

III.- Expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan por contaminante y por fuente de contaminación, los niveles máximos permisibles de emisión de olores, gases así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera provenientes de fuentes fijas y móviles;

IV.- Formular y aplicar programas para la reducción de emisión de contaminantes a la atmósfera, con base en la calidad del aire que se determine para cada área, zona o región del territorio nacional. Dichos programas deberán prever los objetivos que se pretende alcanzar, los plazos correspondientes y los mecanismos para su instrumentación;

XI.- Promover en coordinación con las autoridades competentes, de conformidad con las disposiciones que resulten aplicables, sistemas de derechos transferibles de emisión de contaminantes a la atmósfera;

XIII.- Promover ante los responsables de la operación de fuentes contaminantes, la aplicación de nuevas tecnologías, con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera, y

Artículo 111 Bis.- Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan

emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría.

Para los efectos a que se refiere esta Ley, se consideran fuentes fijas de jurisdicción federal, las industrias química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos.

El reglamento que al efecto se expida determinará los subsectores específicos pertenecientes a cada uno de los sectores industriales antes señalados, cuyos establecimientos se sujetarán a las disposiciones de la legislación federal, en lo que se refiere a la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Artículo 112.- En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios, de conformidad con la distribución de atribuciones establecida en los artículos 7o., 8o. y 9o. de esta Ley, así como con la legislación local en la materia:

I.- Controlarán la contaminación del aire en los bienes y zonas de jurisdicción local, así como en fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, comerciales y de servicios, siempre que no estén comprendidos en el artículo 111 Bis de esta Ley;

II.- Aplicarán los criterios generales para la protección a la atmósfera en los planes de desarrollo urbano de su competencia, definiendo las zonas en que sea permitida la instalación de industrias contaminantes;

III.- Requerirán a los responsables de la operación de fuentes fijas de jurisdicción local, el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes, de conformidad con lo dispuesto en el reglamento de la presente Ley y en las normas oficiales mexicanas respectivas;

IV.- Integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes de contaminación;

Artículo 116.- Para el otorgamiento de estímulos fiscales, las autoridades competentes considerarán a quienes:

I.- Adquieran, instalen u operen equipo para el control de emisiones contaminantes a la atmósfera;

II.- Fabriquen, instalen o proporcionen mantenimiento a equipo de filtrado, combustión, control, y en general, de tratamiento de emisiones que contaminen la atmósfera;

III.- Realicen investigaciones de tecnología cuya aplicación disminuya la generación de emisiones contaminantes; y

IV.- Ubiquen o relocalicen sus instalaciones para evitar emisiones contaminantes en zonas urbanas.

## 2.2. Metodología de producción más limpia.

La prevención de la contaminación es una frase empleada para describir tecnologías y estrategias que recaen en una eliminación y/o reducción de las corrientes contaminantes. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1990 por sus siglas en ingles) define la prevención de la contaminación como “el uso de

materiales, procesos o prácticas que pueden reducir o eliminar la generación de contaminantes o residuos en la fuente de origen. Esto involucra prácticas que reduzcan el uso de materiales peligrosos, energía, agua, y que faciliten un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, favoreciendo su conservación y por ende su uso y desarrollo sustentable”.

El concepto de Producción mas Limpia (P+L) fue introducido por las Naciones Unidas para la Protección Ambiental (UNEP1989, por sus siglas en ingles), definiendo Producción Limpia como una aplicación continua de una estrategia de prevención ambiental integral, en procesos, productos y servicios, para reducir los riesgos a los humanos y el ambiente.

Por lo tanto, se quiere que el participante conozca la metodología de Producción más Limpia, bajo un esquema teórico-práctico, soportado con experiencias en diversos sectores industriales y de servicios, de forma tal que él pueda aplicarla en su lugar de trabajo; generando con esto soluciones óptimas en los procesos enmarcados en un mecanismo de prevención, generando minimización de residuos, reducción de riesgos al medio ambiente y al ser humano, y beneficios económicos para la empresa. Desde la industrialización, la industria ha actuado de forma directa sobre la degradación ambiental principalmente en 4 formas:

- Ignorando el problema.
- Diluyendo la contaminación.
- Efectuando operaciones de control y limpieza o tratamiento de la contaminación, y
- Previniendo la contaminación y generación de desechos desde la fuente de su generación.

Esta última actividad es el objetivo de la P+L, además que promueve una combinación de efectos positivos sobre el ambiente, traduciéndose todo a beneficios económicos para la industria y la sociedad (UNEP, 1994).

La definición de P+L es la aplicación continua de una estrategia integral ambiental preventiva aplicada a procesos, productos y servicios con el propósito de incrementar la eco eficiencia y reducir los riesgos a los humanos y al ambiente.

La aplicación de la P+L a los procesos:

- Aumenta el uso eficiente de las materias primas y de energía.
- Elimina el uso de materiales tóxicos y la cantidad de tóxicos emitidos al ambiente, y
- Disminuye los desechos generados durante el proceso.
- Previene la contaminación.
- Reduce costos de operación.
- Conduce al cumplimiento con las normas ambientales y consecuencia genera beneficios ambientales.
- Mejora la competitividad y la productividad.

Una característica importante de P+L es ser una estrategia de solución del problema-raíz en vez de una solución única. La misma coloca en primer lugar al proceso de generación de desechos (la raíz del problema), y emplea un conjunto de ideas preventivas para desarrollar soluciones alternas (opciones) que beneficiarán al ambiente. Aspectos técnicos, operacionales, educativos, y administrativos pueden ser

involucrados para lograr esto. No obstante, la P+L no es un conjunto de soluciones únicas;. por ejemplo, el desarrollo tecnológico, los nuevos conceptos en materia ambiental, cambios en la oferta y la demanda, son factores que están relacionados con la aplicación de ésta metodología y deberán tenerse en cuenta.

Por otra parte, los cambios en los costos de inversión pueden hacer perder el interés de una buena oportunidad de la aplicación de P+L. Además, dependiendo de la aplicación, una mejora en el proceso puede ser considerada como P+L –por ejemplo la implementación de un decantador para separar productos de una descarga–, o podría ser una tecnología de final de proceso en otra aplicación – por ejemplo el uso de un decantador para remoción de agua en lodos.

Hay que considerar que la Producción más Limpia y conceptos como “*Prevención de la Contaminación*”, son definidos por otros autores de manera diferente. Van Weenen resumió una cantidad de información de los términos y conceptos empleados en este contexto. Él define a la prevención de la generación de desechos como “englobar las actividades en la producción, lo cual consiste en reducción o sustitución del uso de materias primas, el cambio en la forma de operación existente, y el diseño de nuevos procesos y productos, dando como resultado la no generación o reducción de desechos, o del potencial de contaminación, en el ciclo de vida del material (Van Weenen, 1990). Otros autores hacen remarques más profundos a esta definición.

Por ejemplo, se han dado discusiones a favor de dividir P+L en concepto de prevención primaria de la contaminación (considera a las fuentes generadoras de los desechos para hacer más eficiente un proceso; y reducción de las mismas), y el concepto de prevención secundaria de la contaminación (hacer uso de los desechos con potencial a ser reutilizados, reciclado interno, y reparación) (Hirshorn y Oldenburg, 1991).



Para aplicar la metodología P+L, la descomponemos en 5 fases. Otras definiciones pueden ser revisadas al respecto para incluir más características. Las 5 fases engloban en la definición: naturaleza del proceso, objetivos, alcances, énfasis sobre los recursos, y énfasis sobre los desechos. En la práctica, tanto la cobertura estratégica, como la implementación en el proceso son importantes. Ambas serán presentadas durante el desarrollo de las fases de P+L.

#### 2.2.1. Fase 1: Planeación y organización del programa de P+L.

Actividades que componen esta fase, en donde contiene sugerencias importantes a considerar para implementar un proyecto de P+L.

##### 2.2.1.1. Obtener el compromiso de la gerencia y del personal de la empresa.

Para poder realizar con éxito un programa de P+L, es importante obtener el compromiso por parte de la Dirección o Gerencia, y de todo el personal involucrado en el proceso. Esto no sólo para iniciar el programa de P+L, sino para asegurar su implantación, continuidad y mejora.

##### 2.2.1.2. Establecer el equipo del proyecto de P+L

Para lograr los beneficios mencionados en el punto anterior, la Dirección o Gerencia deberá:

- Integrar un equipo de P+L dentro de la empresa, quien será responsable de la coordinación del programa y la implantación de las medidas de ahorro recomendadas por el personal técnico en P+L.

- Designar a un representante del equipo de P+L, que tenga la jerarquía y autoridad para garantizar la realización del programa.
- Definir claramente las metas del programa de P+L a todos los niveles, además de motivar la participación de todos los empleados en este proyecto.
- La creación de un equipo de trabajo de P+L resulta indispensable para desarrollar, coordinar y supervisar todas las actividades inherentes al proyecto. Se debe incluir en el mismo a representantes de todas las áreas involucradas en el proceso y, en especial, a aquellas involucradas con el medio ambiente. La integración del equipo dependerá del tamaño y la estructura de la empresa. Además, se recomienda, identificar los posibles consultores externos que participarían en el proyecto, ya que algunas oportunidades específicas de P+L requieren de conocimientos especializados (p. e. procesos que involucran diversas operaciones unitarias), las cuales son difíciles de detectar en la primera revisión del proceso. Las características principales que deben reunir este equipo son:
  - Conocimientos técnicos del proceso productivo, para poder realizar una evaluación objetiva.
  - Experiencia para identificar las oportunidades de ahorro de materias primas, agua y energía; así como en medidas de prevención de la contaminación.
  - Experiencia para proponer soluciones de mejora del proceso, y desarrollar las medidas de P+L e implementarlas.
  - Jerarquía para implantar los cambios de mejoras propuestas.

Es importante, que en cada fase de P+L se tenga el apoyo de los empleados involucrados en el proceso, dado que ellos conocen bien las actividades que desempeñan. Por esta razón, es necesario asegurarse que todos los miembros del equipo comprendan el concepto de P+L, subrayando la importancia de hacer una evaluación sistemática en cada etapa del proceso que impacta ambiental y económicamente.

El representante (coordinador interno) del equipo debe:

- Coordinar todas las actividades referentes al proyecto de P+L.
- Fungir como enlace entre el equipo, los niveles directivos y operativos de la empresa.
- Asumir la responsabilidad de la aplicación de las oportunidades de P+L encontradas durante el estudio.
- Supervisar que se cumplan las metas establecidas en el proyecto.

Al final del proyecto, el equipo de trabajo tendrá que presentar los resultados y éxitos del programa de P+L, a fin de convencer a la gerencia y a los empleados de la importancia de este nuevo programa, y de esta manera obtener el visto bueno para implementar las oportunidades de P+L.

#### 2.2.1.3. Definir metas de P+L en la empresa

La definición de las metas se hará de acuerdo con los objetivos que se planteen, y éstas deben estar íntimamente relacionadas con el proceso productivo adonde se vaya aplicar P+L. Las metas deben ser lo suficientemente ambiciosas para motivar un cambio y esfuerzo significativo, ser realistas, medibles para cuantificar los logros

alcanzados, y presentar beneficios ambientales o económicos que resulten de interés para la empresa. Las metas a corto plazo deben ser realistas, en tanto que las de largo plazo deben significar un reto.

Existen indicadores para poder establecer las metas de P+L, entre los que sobresalen:

- Estándares internos de productividad.
- Consumo de agua, energía, generación de residuos.
- Condiciones de operación y proceso (controles, registros, datos históricos).
- Tecnología de vanguardia.
- Legislación ambiental.
- Auditoria ambiental

#### 2.2.1.4. Identificar barreras y soluciones en el proyecto de P+L

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

- Diferencia de conceptos y actitudes entre la gerencia y los empleados.
- Falta de comunicación entre las diferentes áreas de trabajo.
- Funcionamiento financiero de la empresa.

- Situación tecnológica de la empresa.
- Resistencia al cambio por parte de los empleados.
- Falta de capacitación para ejecutar las actividades correctamente.

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

- Presentar P+L como un reto para el desarrollo positivo de la empresa.
- Presentar P+L como una parte integrada al desarrollo de cada una de las actividades de la empresa.
- Señalar que los cambios sin costo de inversión, o de bajo costo, son fáciles de implantar.
- Presentar casos exitosos de la implantación de P+L en otras instituciones del mismo sector.
- Reunir información sobre tecnologías alternativas o sustitutas, implantadas con éxito.
- Si los integrantes del equipo de P+L cuentan con experiencia en la realización de proyectos de esta metodología; entonces identificarán rápidamente los problemas y limitaciones dentro

de la empresa. Sin embargo, se aconseja proceder con mucho cuidado al presentar opciones de P+L.

### 2.2.2 Fase 2: Pre evaluación.

Esta fase comprende tres actividades, y tiene como objetivo identificar de manera cualitativa las unidades del proceso que generan residuos de mayor impacto ambiental o de costo elevado.

Además, se enfoca a la identificación de oportunidades de P+L, en el proceso, que traen consigo un beneficio económico. Durante esta fase se hace un primer inventario de opciones de P+L que son evidentes, así como su costo estimado de implantación. El equipo de trabajo, debe tener en cuenta los puntos siguientes:

#### 2.2.2.1. Recopilar información sobre las actividades operativas.

- Recopilar y organizar la información disponible sobre las fuentes y formas de consumo de agua, energía, pérdida de materias primas e insumos, y generación de residuos.
- Recopilar información relativa a actividades y procedimientos que se hayan implantado en lo referente a aspectos ambientales relacionados con su proceso productivo; por ejemplo, estudios de prevención de la contaminación, análisis de aguas residuales, análisis de gases de combustión, etc. Esta información puede obtenerse de los anales de la empresa.
- Entrevistar al personal operativo, evaluando prácticas operativas y de registro, nivel de conocimiento y conciencia del personal en cuestiones ambientales.

- Definir las necesidades y características de capacitación en los diferentes niveles jerárquicos.
- Investigar los aspectos legales vinculados a las actividades de la empresa. Se revisará que los requerimientos normativos se encuentren completos y actualizados, y que estén a disposición oportuna.
- Inspección general de los procedimientos auxiliares de la empresa (área de servicios generales, equipos, programas de mantenimiento, licitaciones, compras, etc.) a fin de entender las actividades operativas y sus interrelaciones administrativas.
- Recorrido por la planta para desarrollar el diagrama de flujo del proceso para entender éste en términos de las operaciones unitarias.

También se recomienda entrevistas con el personal operativo sobre las condiciones y procedimientos de operación, manejo de materiales, tiempos de actividades, etc. El análisis de la información recopilada puede mostrar que los procedimientos de operación de un turno a otro son diferentes, pueden identificarse malas prácticas en el manejo de materiales y/o tiempos diferentes a los establecidos, cuellos de botella en el proceso, etc. Además, la entrevista puede darnos información muy valiosa sobre los problemas existentes en el proceso. La experiencia de los empleados puede ayudarnos en la solución de algunos problemas recurrentes.

#### 2.2.2.2. Desarrollar el diagrama de flujo de proceso

Un diagrama de flujo del proceso es la conexión de cada una de las operaciones unitarias a través de un diagrama de bloques. El diagrama debe incluir los flujos de entradas y salidas cuantitativamente

de todos los recursos utilizados en cada etapa del proceso (agua, energía, materias primas, etc.).

Hay que separar los insumos como: agua, energía, combustibles, aire o aquellos de bajo costo, ya que con frecuencia terminan siendo la causa principal de los residuos y de las emisiones. Se recomienda poner especial atención en los flujos de recirculación.

Además, el diagrama puede contener ecuaciones químicas que faciliten la comprensión del proceso.

Un diagrama de flujo de proceso puede detallarse tanto como se desee, pudiendo incluir las operaciones de limpieza o preparación de un equipo con líneas punteadas. Para procesos complejos, se pueden desarrollar diagramas de flujo por áreas o etapas del proceso productivo.

#### 2.2.2.3. Evaluar las entradas y salidas

Conciérne a hacer un cálculo (estimado) de las cantidades de materias primas, materiales auxiliares, productos, subproductos, energía eléctrica, combustible o energía térmica, emisiones producidas y residuos en cada etapa u operación unitaria del proceso. Los resultados se utilizan para establecer el enfoque de P+L. Se recomienda no elaborar un balance detallado de materiales del proceso u operación unitaria, ya que esto se desarrollará durante la fase de evaluación.

#### 2.2.2.4. Definir el enfoque de la evaluación

La información registrada hasta aquí, sirve para evaluar las operaciones unitarias, procedimientos, y actividades; seleccionando así las áreas prioritarias para la implantación de P+L.

El equipo de P+L debe equilibrar entre sus deseos y las prioridades de la empresa para establecer el programa de implantación



de oportunidades de P+L. Este programa puede verse afectado por la situación económica de la empresa, la experiencia del equipo auditor, y otras limitaciones (normatividad, reglamentos arancelarios, etc.).

Al final de esta fase 2, el equipo de P+L deberá contar con el diagrama de flujo de proceso, formulario de pre evaluación y el enfoque del diagnóstico de P+L.

### 2.2.3. Evaluación. Fase 3

Aquí hay que evaluar las causas de generación de residuos, emisiones de gases, descarga de aguas residuales y uso excesivo de materias primas, energía y agua. Una vez identificadas las causas, se generan opciones de P+L, y se seleccionan en orden de prioridad, desde las más fáciles hasta las más difíciles de implantar (las que requieren costos de inversión alto). Cuatro actividades son contempladas en esta fase.

#### 2.2.3.1. Realizar el balance de materia y energía

Ambos balances permiten identificar y cuantificar todo lo que entra y sale de un sistema. Con ellos se estiman costos de operación, pérdidas de materiales, emisiones de gases, generación de residuos, descargas de aguas residuales, consumo inadecuado de energéticos, etc. El diagrama de flujo del proceso es la base para el cálculo del balance de materia.

Además, si los balances están bien planteados, nos conducirán a resultados concretos (beneficios económicos y ambientales) que pueden convencer a la gerencia de aprobar la pronta implantación de las opciones de producción más limpia.

Como se mencionó en la fase 2, debemos definir cuidadosamente la unidad de operación para hacer cualquiera de

los dos balances. El balance de material es relativamente fácil de hacer, con información amplia y precisa, cuando se realiza por unidades individuales. El balance de material total se obtendrá sumando los balances de materiales de las operaciones unitarias individuales.

#### 2.2.3.2. Evaluar las causas

Cuando llegamos a este punto, debemos contar con la información requerida de ¿Qué? ¿Cómo? y ¿Cuánto? entra y sale del proceso o subsistema. Lo que sigue es identificar las causas por las que en el proceso hay ineficiencia, y que impactos ambientales se atribuyen a ésta. Esta actividad nos orienta a encontrar estas causas. Basándose en la entrada de materia o energía al proceso, se puede determinar el destino de las materias primas, los materiales auxiliares, la energía, y la producción de los productos, primarios y secundarios, los residuos o las emisiones. Además, en el caso de los residuos y las emisiones se pueden encontrar las causas que las generan.

- Causas relacionadas con las materias primas
- Causas relacionadas con la tecnología
- Operativa y de mantenimiento:
- Diseño de proceso/equipo:
- Disposición de las instalaciones:
- Tecnología.
- Causas relacionadas con las prácticas operativas
- Personal:

- Desmotivación de los empleados:
- Causas relacionadas con los productos
- Causas relacionadas con los residuos

#### 2.2.3.3 Generar opciones de P+L

Una vez conocidas las fuentes, las causas de los residuos, las emisiones y los energéticos, la evaluación de P+L entra en la fase creativa “lluvia de ideas para la mejora del proceso”. En este momento, el equipo de P+L debe revisar nuevamente el diagrama de flujo del proceso y el balance de materia y energía, con la finalidad de encontrar cuales son las etapas del proceso que están generando la mayor cantidad de desperdicio de material, energía, y emisiones.

El equipo de P+L debe generar una “lluvia de ideas” que sirvan para incrementar la eficiencia del proceso; reducir los residuos, las emisiones y las pérdidas de energía. Encontrar opciones de P+L depende del conocimiento, la habilidad, la experiencia y la creatividad de los miembros del equipo de P+L. Algunas opciones de P+L que comúnmente se proponen son las que a continuación se numeran.

#### 2.2.3.4. Cambios en las materias primas

Proponer nuevas materias primas permitirá, tal vez, una producción más limpia al reducir o eliminar los materiales de riesgo que ingresan al proceso de producción. Ahora bien, si un proceso permite cambios o ajustes en el tipo de materias primas, se debe hacer un estudio cuidadoso para ver si no habrá una merma en la calidad del producto. De igual manera, se pueden sustituir materiales auxiliares a fin de evitar la generación de residuos peligrosos dentro del proceso de

producción, o utilizar energéticos más económicos o menos contaminantes.

#### 2.2.3.5. Cambios en la tecnología

Se enfoca hacia las modificaciones del proceso y equipo (innovación tecnológica aunque no siempre), a fin de: mejorar la calidad, aumentar la productividad, reducir el uso de insumos o materiales de riesgo, reducir la generación de residuos y emisiones, e incrementar el uso eficiente de la energía. Los cambios de tecnología pueden ir desde pequeños, implementarse en corto tiempo a un costo bajo, hasta el reemplazo de equipos del proceso, que involucra una inversión elevada.

#### 2.2.3.6. Buenas prácticas operativas

También llamadas buenas prácticas de manufactura, involucran procedimientos administrativos y técnicos que son importantes en la optimización de un proceso. Las buenas prácticas conducen a: disminuir tiempos de operación, optimizar el uso de materias primas y energéticos, eliminar desperdicios o uso excesivo de insumos, minimizar la generación de residuos y emisiones. En la industria se utilizan principalmente para mejorar el proceso. Las buenas prácticas operativas, se implementan frecuentemente a un costo bajo en, la producción, mantenimiento, y almacenamiento de materias primas y productos.

#### 2.2.3.7. Cambios en los productos

Los cambios en un producto persiguen reducir residuos, emisiones y consumo de energía, debido al uso del producto. Los cambios de un producto pueden ir desde cambios en el diseño hasta la sustitución de la materia prima que se emplea en su fabricación. Un producto nuevo debe pensarse en base a un análisis de ciclo de vida del

mismo, esto es el impacto ambiental que ocasiona desde de la extracción de la materia prima hasta su disposición final.

#### 2.2.3.8. Reuso y reciclaje en planta

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

Finalmente, los miembros del equipo de P+L habrán de reunir toda la información recopilada del proceso; y entonces se deberá tener una sesión de grupo para generar la “lluvia de ideas” respecto las oportunidades de P+L que surgieron, o bien las que se podrían proponer. El resultado será una lista de opciones de P+L.

#### 2.2.3.9. Seleccionar las opciones de P+L

Una vez generada las opciones de P+L, se pasa a la selección y clasificación Las opciones “atractivas” que involucran un alto costo para su implantación se sujetan a un estudio de factibilidad, a fin de determinar el alcance de los cambios, sin olvidar las consideraciones de la legislación vigente y sus repercusiones. Las ideas poco claras se deben precisar, y las opciones similares o duplicadas (si hay) deben fusionarse. Además, todas las opciones se deben cuestionar para asegurarse de que sean realmente opciones de P+L. En esta etapa no se debe abandonar ninguna opción, a menos que sean poco factibles. A fin de ordenar las opciones, se pueden considerar los puntos siguientes:

#### 2.2.3.10. Organizar las opciones por operación específica:

Las opciones generadas durante la lluvia de ideas deben ordenarse con respecto a las diferentes operaciones unitarias. La

organización de las opciones por operación unitaria permite, además, conocer el proceso de manera más estructurada.

#### 2.2.3.11. Evaluar las interferencias mutuas:

La implantación de una opción puede hacer que otra opción pierda importancia. Es fundamental identificar las opciones con igual reciprocidad, a fin de evitar seleccionar ambas. También la interferencia mutua entre operaciones específicas se debe investigar. Las opciones para una operación específica pueden excluir una opción de otra operación o, en caso contrario, requerir cambios en otra operación específica.

#### 2.2.3.12. Implantar las opciones factibles:

Las opciones que implican cero o bajo costo de inversión, no requieren de un estudio de factibilidad muy profundo. Pueden ser implantadas de inmediato.

#### 2.2.3.13. Eliminar las opciones no factibles:

Las opciones de P+L que demandan una alta inversión, no disponible, o que no pueden ser implantadas porque modifican todo el flujo de proceso, deben ser eliminadas de la lista de opciones que serán estudiadas a fondo posteriormente. El resultado de ordenar las opciones es una lista que pueden clasificarse en tres grupos: i) opciones agrupadas conforme a una operación específica, ii) opciones que son mutuamente excluyentes, y iii) las opciones interdependientes. La lista deberá sujetarse a un proceso de prioridades.

#### 2.2.3.14 Opciones prioritarias:

Si no es posible implementar todas las opciones, y si no todas las opciones pueden ser evaluadas, entonces se deberá priorizar a éstas.

Las opciones con mayor prioridad se pueden sujetar a una evaluación durante el estudio de factibilidad. La asignación de prioridades es una mezcla de “sentido común”, aspectos económicos, técnicos y ambientales. Una vez que las opciones han sido clasificadas por orden de importancia, pasamos a la siguiente etapa; el estudio de factibilidad para aquellas que lo requieran.

#### Fase 4. 2.2.4: Estudio de factibilidad

El objetivo es verificar que las opciones seleccionadas son factibles desde un punto de vista técnico, económico y ambiental. Esta fase se divide en 5 actividades.

##### 2.2.4.1. Evaluación preliminar

Se debe evaluar, en principio, la factibilidad técnica, económica y ambiental de las opciones seleccionadas. La evaluación preliminar determina la importancia que tiene la evaluación técnica, económica y ambiental. Se recomienda que, antes de someter las opciones a alguna de las tres evaluaciones, se clasifiquen como:

##### 2.2.4.2. Opciones técnicas vs procedimientos.

Algunas opciones solamente requieren cambios en los procedimientos y de empleados. Otras requieren un cambio técnico.

##### 2.2.4.3 Opciones relativamente sencillas vs complejas:

Las opciones sencillas, muchas veces, solo requiere de buenas prácticas operativas o ligeros cambios técnicos, con cero o baja inversión; mientras que las complejas pueden necesitar el reemplazo de una operación unitaria, requiriendo de una evaluación técnica y económica compleja.

#### 2.2.4.4 Opciones de bajo, medio o alto costo.

Las opciones pueden seleccionarse juzgando los costos de su implantación. Al llegar aquí, se debe contar con un archivo de cada una de las opciones de P+L que contenga toda la información necesaria, para poder realizar el estudio de factibilidad. La información que no se pueda obtener, también se debe incluir en el archivo.

#### 2.2.4.5 Evaluación técnica

Se recomienda que se evalúe el impacto de las medidas propuestas sobre el proceso, el producto, las tasas de producción, la seguridad, etc. Además, puede que sea necesario contar con análisis de laboratorio, u operaciones de prueba de las opciones cuando éstas representen un cambio importante en las prácticas actuales del proceso. Es importante incluir a los empleados y los departamentos afectados para la implantación de estas opciones. La evaluación técnica determinará si la opción requerirá de cambios de personal, operaciones adicionales, y personal de mantenimiento, además de capacitación adicional del personal.

#### 2.2.4.6 Evaluación económica

- La factibilidad económica es frecuentemente un parámetro clave para determinar si una opción debe ser implantada o no.
- Es recomendable evaluar primero las opciones más atractivas económicamente, y que no requieren de una inversión elevada. Esto refuerza el interés y el compromiso de la empresa con la producción más limpia.
- Cada empresa tiene sus propios criterios financieros para seleccionar proyectos que puedan implantarse. Las opciones de producción más limpia que no se sujeten a una evaluación económica conforme a



esto criterios, pueden resultar un fracaso económico, y desalentar cualquier iniciativa futura respecto a la producción más limpia.

- La evaluación económica se lleva a cabo utilizando medidas estándar de rentabilidad, al realizar una evaluación económica se deben considerar diversos costos y ahorros. Al igual que en muchos proyectos, los costos para las opciones de producción más limpia se pueden desglosar en muchos costos operativos y de inversiones. Los tres métodos normales para medir la rentabilidad son:
  - Periodo de recuperación
  - Tasa interna de recuperación (TIR), y
  - Valor neto actual (VNA).

El periodo de recuperación de un proyecto es el tiempo que toma en recuperar el efectivo inicial invertido, lo anterior se utiliza, generalmente, para opciones de baja inversión. Cuando se trata de inversiones elevadas se usa la tasa interna de recuperación y el valor neto actual. También, en un análisis financiero habrá que considerar los reglamentos ambientales impuestos o que serán probablemente impuestos en el futuro. Las multas, sanciones, etc., causadas por incumplimientos, se reflejan en una reducción considerable de la rentabilidad de la empresa. Los asuntos de responsabilidad, como la contaminación de suelos, pueden incluso llevar a la bancarrota. En este último caso, es difícil atribuir ahorros a la P+L para evitar problemas con los reglamentos ambientales.

#### 2.2.4.7. Evaluación ambiental

Es aquella que contempla la reducción de impactos negativos hacia el medio ambiente, buscando reducir con ello las afectaciones a la flora, fauna y seres humanos.

Una de las metas de la producción más limpia es mejorar el desempeño ambiental de las empresas; por lo que la evaluación ambiental se vuelve una herramienta importante de P+L. En muchos casos, una reducción neta de: la toxicidad, la cantidad de los residuos, las emisiones y la energía eléctrica, son ventajas ambientales. Cuando se cambia un proceso o un producto, se deben calcular las ventajas ambientales a lo largo del ciclo de vida útil de dicho producto.

Muchas veces no es posible reunir toda la información necesaria para hacer una adecuada evaluación ambiental, o la información acerca del impacto ambiental de un producto sencillamente podrían no estar disponibles. En estos casos se tendrá que hacer una evaluación cualitativa, con base en la información disponible. Si se quiere dar prioridad a ciertos impactos ambientales respecto a otros, se deben conocer las políticas ambientales nacionales, las prioridades gubernamentales para la protección ambiental y el uso racional de la energía.

#### 2.2.4.8 Seleccionar las opciones factibles

En esta etapa se deberá documentar el trabajo realizado hasta ahora, incluyendo el trabajo que nos llevó a la identificación de una opción factible. De esta forma se puede dar seguimiento a todas las opciones de P+L que se han considerado. En caso de que una evaluación de P+L se vuelva a llevar a cabo, un nuevo equipo de P+L podrá revisar estas opciones y aprender de las experiencias anteriores.

En cuanto al informe (reporte técnico), no solo debe indicar los costos y resultados esperados, sino también la manera en la que se llevará a cabo el proyecto. Antes de finalizar el informe, es fundamental revisar los resultados con los departamentos relevantes y buscar su apoyo, o mejor aún, realizarlo juntos. Primero, se debe seleccionar aquellas opciones que no son técnica o ambientalmente factibles. Las opciones restantes son las factibles, siempre que no surjan restricciones

económicas importantes, que puedan mantenerse si no se cuenta con fondos suficientes para financiar todas las opciones, mismas pueden clasificarse por orden de prioridades basándose en la tasa de retorno. La opción que tenga la mayor tasa de retorno debe tener la mayor prioridad para la implantación. Recuerde que algunas opciones no se pueden implementar independientemente de otras.

Las opciones que se consideren factibles deben recibir prioridad. Se puede utilizar un análisis comparativo de clasificación para dar prioridades a las opciones de P+L. A cada opción se le asignará una calificación, por ejemplo del 1 al 10, al multiplicar el peso relativo de cada criterio por la calificación de la opción respectiva se obtendrá una calificación final para cada una de las opciones. La opción que obtenga la calificación más alta será seleccionada para su implantación.

#### 2.2.5. Fase 5 Implementación y seguimiento de las opciones de P+L

Esta es la última fase e involucra cuatro actividades; es aquí donde las opciones factibles se implantan y se toman medidas para asegurar la aplicación práctica de la P+L. Se requiere un programa de trabajo para monitorear y evaluar los resultados logrados de la implantación de las primeras medidas de prevención.

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

Las actividades del equipo incluirán monitoreo y evaluación de los beneficios logrados por las opciones implantadas, y deberá asegurar la continuidad del programa de P+L.

#### 2.2.5.1. Preparar un plan de acción

Hay que desarrollar un programa que evalúe y supervise lo que ocurre durante la implantación de las opciones. El programa debe responder a lo siguiente:

- ¿Qué actividades específicas se deben desarrollar?
- ¿Quién es responsable de esas actividades?
- ¿Qué resultados específicos se esperan?
- ¿Cuándo y durante qué tiempo se deben supervisar los cambios?
- ¿Cuándo se debe evaluar el avance?

Una vez definido el programa, se debe elaborar un calendario de implantación para las opciones factibles y establecer las metas que se alcanzarán, y que servirán para motivar la participación de los empleados y estimular el seguimiento de las medidas implantadas.

Las metas tienen que presentar las siguientes características deben: ser alcanzables y pueden tener un cierto grado de dificultad, estar limitadas en el tiempo por fechas específicas de inicio y término, y ser orientadas a resultados mensurables para que se pueda establecer algún método de evaluación de avance.

#### 2.2.5.2. Implantar las opciones de P+L

Los requisitos de implantación varían según el tipo de opción, para opciones técnicas complejas, el trabajo de implantación consta de:

- Preparación detallada en caso de que se requiera instalación de equipo
- Selección del equipo, diseño de las modificaciones a las instalaciones,
- Planificación del presupuesto para las inversiones requeridas.
- Capacitación de los operarios.

Al igual que cualquier otro proyecto de inversión, las actividades para el proyecto de producción más limpia incluye: planeación, diseño, gestión y construcción.

Se debe poner atención a las necesidades de capacitar al personal administrativo y a otros empleados. Es importante que la gente responsable de la implantación de las opciones de P+L esté informada del trabajo y del propósito que se persigue con la implantación de P+L, ya que pueden surgir sugerencias adicionales.

Finalmente, es necesario hacer un cronograma de implantación de las opciones de P+L. Este cronograma puede realizarse de forma detallada, considerando compra de equipo u accesorios, instalaciones, modificación a las instalaciones, etc. Una grafica de Gantt puede ser usada, ya que permite visualizar fácilmente los avances del proyecto.

#### 2.2.5.3. Monitorear los resultados de las opciones implantadas

Este punto es importante, ya que aquí se va a demostrar con pruebas que la implementación de P+L trajo un beneficio económico y ambiental. Por lo tanto, debemos verificar el beneficio logrado de la implementación de las opciones de P+L. Los costos operativos y los beneficios se pueden calcular en base a una comparación de “antes y después”, y los resultados reales deben ser evaluados contra los resultados pronosticados.

La información obtenida debe ser presentada periódicamente a la dirección, al departamento administrativo y a los empleados de la empresa, para mostrar que beneficios económicos resultaron de las opciones de P+L implantadas, y de esta forma mantener un alto grado de interés por el programa de P+L.

#### 2.2.5.4. Asegurar la continuidad del programa de P+L

El equipo de P+L junto con la dirección deberán usar los resultados exitosos obtenidos en la etapa de implantación para respaldar el seguimiento del programa de P+L. Al terminar la implantación de las opciones de P+L, el equipo de P+L deberá enfocarse hacia otras áreas de la empresa.

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

Sin embargo, una segunda evaluación de producción limpia no debe iniciarse inmediatamente después de finalizar la primera, ya que se deben generar las ideas e información para la siguiente evaluación.

#### 2.2.5.5. Herramientas para el desempeño

Los indicadores de desempeño ofrecen una manera rápida de analizar y evaluar la eficiencia del uso de recursos en una empresa. Además, reflejan las cantidades de materias primas, agua, energía eléctrica, térmica, generación de residuos, aguas residuales o cualquier otra variable empleada en la obtención de un producto o servicio. También, pueden servir como un parámetro de comparación, ya que forman parte del proceso de mejora continua.

Los indicadores deben ser sencillos y útiles. Por ejemplo, durante el desarrollo del proyecto, se realizaron mediciones para determinar los índices de consumo de recursos (materias primas, agua, energía eléctrica, combustible), emisiones y la reducción de residuos. Estos indicadores deben considerar posibles cambios en los volúmenes o cambios en los procedimientos de operación.

Es importante que los indicadores no se propongan a largos plazos (meses o años) mientras se hacen mediciones, y éstas se pueden hacer de manera periódica para verificar si todavía se cumplen los cambios y los objetivos de producción más limpia.

#### 2.2.5.6. Aplicaciones de producción más limpia.

Como estrategia, la P+L puede tener aplicación en diferentes niveles de una misma industria involucrando desde su misión hasta sus diferentes sistemas, componentes, materiales y procesos. Sus alcances abarcan aspectos internos de la industria como la calidad del producto, el acceso a tecnología alternativa, la disponibilidad de capital y la resistencia cultural; y externos como las políticas macroeconómicas y

ambientales, aspectos financieros, la presión de la comunidad, la demanda en el mercado por productos sostenibles, y el acceso a tecnología alternativa por parte de la competencia. La implementación de la estrategia de P+L en una industria implica cambios en procedimientos de trabajo y actitudes de los empleados sobre su conciencia en la producción y el medio ambiente y se involucran las siguientes prácticas:

#### 2.2.5.7. Administración de procedimientos de producción:

- Control de consumo de salidas de agua, energía
- Control de materia prima
- Evitar vertimientos en el transporte de partes o productos
- Optimizar las configuraciones de las máquinas
- Minimizar desechos en cambios de operaciones
- Prevenir y optimizar el manejo de las materias primas
- Prevenir fugas de insumos

#### 2.2.5.8. Sustitución de materiales:

- Sustituir solventes por agua Ej. (Tintas, derivados de petróleo, tintas a base de agua).
- Evitar el uso de ácidos
- Evitar el uso de cloritos
- Evitar el uso de metales pesados
- Evitar el uso de compuestos órgano clorados

#### 2.2.5.9. Rediseño del producto

- Usar materiales reciclados
- Disminuir el uso de materiales
- Utilizar empaques re-utilizables



- Disminuir el consumo de energía y agua durante el uso
- Aumentar la vida útil del producto
- Reciclaje interno del agua empleada en el proceso
- Reciclaje interno de los desechos del proceso
- Separación de empaques obsoletos
- Reuso como subproductos en otros procesos productivos

#### 2.2.5.10. Mejoramiento del proceso.

Cuando se implanta P+L también se reduce el riesgo implícito que existe en los procesos productivos de afectar las actividades o personas que se encuentran en su entorno. Esta disminución en el riesgo beneficia a los trabajadores, a la comunidad, a los consumidores de productos y a las futuras generaciones (UNEP, 2000).

Son varios los costos que se reducen con P+L. Como se explicó con anterioridad esta metodología disminuye los costos de producción, que es tal vez uno de los mayores incentivos desde el punto de vista empresarial para adoptar este tipo de procesos. También se disminuyen los costos de tratamiento de final del proceso, debido a que con P+L se está previniendo la contaminación y por ende se reducen el volumen de contaminantes a tratar. Otro costo que se disminuye son los tratamientos en salud, finalmente se disminuyen los costos de limpieza del medio ambiente contaminado (UNEP, 2000).

A lo largo de los años la experiencia adquirida en la implantación de políticas y proyectos de P+L ha logrado identificar también las principales barreras y obstáculos que se pueden encontrar. La lenta aceptación de P+L tiene sus orígenes en factores humanos más que técnicos.

Entre los factores se tienen los siguientes:

- El enfoque de *“final del tubo”* ha sido utilizado por muchos años, y por lo tanto es muy conocido y aceptado por la industria y los ingenieros.
- Las normas y políticas ambientales existentes en los países por lo general están diseñadas y orientadas a soluciones de *“final del tubo”*.
- Existen problemas de comunicación entre el personal a cargo de los procesos de producción y el personal que maneja los desechos generados.
- Los gerentes y los trabajadores que saben que la planta es ineficiente y que genera desechos, no son recompensados cuando sugieren mejoras.

#### 2.2.5.11 Gestión de Proveedores.

Esta es la primera fase del ciclo productivo. Es muy relevante, debido al impacto que genera sobre la calidad del producto final, el proceso mismo, los costos de producción y la generación de residuos. En esta etapa, se analizan las diversas condiciones que afectan la negociación con los proveedores, proponiéndose métodos para optimizar y facilitar este proceso.

#### 2.2.5.12. Almacenamiento

En esta etapa, se consideran medidas para optimizar el sistema de almacenamiento de materias primas e insumos, para evitar que éstos se dañen, contaminen o pierdan. Contempla la implementación de programas de seguridad, limpieza, clasificación y rotulación, así como procedimientos de contingencia, en caso de producirse algún imprevisto.

Es relevante destacar que los espacios asignados al almacenamiento deben contar con todos sus permisos al día y cumplir con la normativa vigente (ambiental, salud ocupacional y riesgo industrial).

#### 2.2.5.13. Alimentación

En esta etapa, se consideran procedimientos para ingresar adecuadamente las materias primas e insumos al proceso, evitando pérdidas innecesarias. Se proponen medidas simples que permitan contar con personal competente, para la manipulación del material empleado, así como asegurar la disponibilidad de equipamiento calibrado y limpio, implementar controles de dosificación y sistemas de recuperación que minimicen derrames o pérdidas.

### 2.3. Casos Exitosos de P+L

Caso 1: disminución y reestructuración del sistema de distribución del uso del agua.

Problemática:

En 1998, la Compañía Textil Raumer SPA, el Valli del Pasubio (VI) Italia, empleaba máquinas atmosféricas para teñir hilado que requerían rangos de relaciones de baño entre los 25 y 30 l/kg, las cuales estaban programadas con un dispositivo tradicional de tiempo/temperatura. Bajo estas condiciones, el promedio de reteñido se ubicaba dentro de un 7 a 8% del total de la producción, con su correspondiente efecto sobre la calidad, los costos y el consumo de agua. La producción incluía hilados de cerca de un 70% lana/acrílico y 30% algodón/acrílico para productos de punto. La infraestructura era deficiente, con bajos indicadores en la producción de vapor y bajo reciclaje de las aguas de enfriamiento. Por lo tanto se encontró una oportunidad para atacar el problema.

Objetivo:

Disminuir el consumo de agua para reducir la relación de baño en las máquinas para teñir el hilado y por la reestructuración del sistema de distribución del agua.

Alternativas de P+L:

- En 1989, el reacondicionamiento de ambos sistemas comenzó: primero, se mejoró el sistema de distribución del vapor y luego, se creó un sistema de reciclaje para las aguas condensadas y de enfriamiento.
- En 1990 la sustitución de las viejas máquinas de teñido por unas máquinas de teñido presurizado de Bellini (Series APPC) comenzó, permitiendo relaciones de baño de 15 a 18 l/kg, incluyendo la programación de la velocidad de la bomba usando variadores de frecuencia. Esto permitió variaciones en la velocidad de la bomba en línea con los requerimientos de la estructura tecnológica de los hilados.

Los cambios correspondientes en el proceso de teñido han sido desarrollados con el objetivo de mantener un balance entre la parte mecánica (cuidado de los materiales) y los parámetros del proceso de diseño, permitiendo un buen agotamiento y asegurando incluso el teñido.

En 1998, con el mismo número de máquinas de teñido, la producción se incrementó hasta los 14,000 kg/día.

Tabla 1: Resultados de la intervención

Parámetro	1992	1998
Producción (Kg/día)	7,000	14,000
Reteñido	7-8%	3.5 a 4%
Agua (l/Kg)	165	85
	100%	52%
Combustible (kg/kg)	1.2	0.5
	100%	41%

(UNEP, WBCS, —Cleaner Production and Eco-efficiency||, UNEP, 1998)

Caso 2: Aumentar la productividad mediante la reducción del tiempo del proceso.

### Problemática

La compañía Shirley Dyeing and Finishing Services of the British Textile Technology Group, en Cheshire, Inglaterra, es una empresa dedicada a los productos textiles. El cuarto de trabajo de la BTTG (una fusión entre el Instituto Shirley –Manchester- y el Grupo Tecnológico Wira –Leeds) opera con una base comercial normal, tomando comisiones de trabajo en las telas que le pertenecen a los clientes, confinados a lotes cortos de producción o un procesamiento especializado. En este cuarto de trabajo, el rango de secado —stenter|| abarca un proceso de pad-mangle o de acabado continuo, un —stenter|| de dos vías y un calentador de fluido térmico. BTTG decidió instalar un sistema de succión con tubo ranurado en un intento por incrementar la productividad en este cuarto de trabajo

### Objetivo

Acelerar el secado de las telas mediante la inserción de un sistema de succión de tubo ranurado.

### Alternativas de P+L

Una de las oportunidades que se encontraron fue la de incrementar la eficiencia del proceso, para lo cual se requería inserción de un sistema al proceso. Las modificaciones de la planta incluyeron la inserción relativamente fácil del sistema de succión en el tope del proceso de acabado continuo (pad-mangle) antes del proceso —stenter—. El sistema se conectó a un separador de aguas y a un ventilador (un dispositivo rotador de tres paletas de desplazamiento positivo, con capacidad de 1000 CFM de aire por una aspiradora de 12 ins).

Diagrama esquemático del sistema de succión de tubo ranurado

Aunque la ranura de succión incrementa la energía eléctrica que se necesita para el secado en 25 kW aproximadamente (cuando el rodillo no es usado, la carga se reduce en 15kW), los requerimientos de energía por unidad de tela procesada se reducen porque se consiguen mejores promedios de procesamiento del material. El volumen de ventas se ha incrementado en un 38% aproximadamente y el total del ahorro en costos por energía ha sido considerable.

Tabla 2: Resultados de la aplicación

Tipo de tela	Promedio anterior	Promedio con suma de Succión	Promedio% de ahorro de energía Gj/te
Poliéster y Nylon no tejidos	28.15	14.02	49.6
Nylon tejido	11.79	5.57	49.1
Polipropileno tejido	11.79	9.49	12.0

2.4 Datos generales de la Empresa.

Chocolates Procali del Centro SA de CV es una organización perteneciente a un grupo familiar, creada en el año de 1997, inicialmente tenía el nombre de Fábrica Chocolates Procali, ubicada en la Ciudad de México y se separa de ese grupo en el año de 2000 para convertirse en Chocolates Procali del Centro y se ubica en el municipio de Pedro Escobedo, Qro. De esta manera amplía el compromiso con México, creando mayores fuentes de trabajo y con la mira de poner en alto el nombre de nuestro país, exportando productos novedosos. En 1999 Procali se trazó el objetivo de producir 100 toneladas de producto mensuales y cumplió el objetivo gracias al esfuerzo de su personal de operación y de ventas, de tal modo que actualmente está produciendo más de 200 toneladas mensuales.

La empresa se encuentra en el municipio de Pedro Escobedo, Qro. 30 km al sur de la Ciudad de Querétaro y 170 km al norte de la capital del país. Chocolates Procali del Centro SA de CV se constituyó como empresa en 1997 e inició sus operaciones en el mismo año, produciendo diferentes coberturas de chocolate para aplicaciones diversas como coberturas para pan, pasteles, paletas, frutas, etc. Clasificada de acuerdo con el INEGI en el sector manufacturero del subsector 3, productos alimenticios, bebidas y tabacos, la fabricación rama 3119 Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería.

## 2.5. Proceso de fabricación del chocolate.

Tras el tratamiento al que se somete a las habas de cacao en las zonas de recolección, estas se envían a las distintas fábricas chocolateras. Al llegar, los granos se examinan y se clasifican minuciosamente. Lo primero que se realiza es el lavado y tostado de las habas del cacao; el objetivo es aumentar el aroma y favorecer el desprendimiento de la piel de las semillas. Un sistema de cepillado posterior permite eliminar esas pieles y cualquier otra impureza o cuerpo extraño. A continuación, se realiza la torrefacción de las habas del cacao

ya tostadas, un proceso importantísimo para la calidad final del producto. En unas grandes esferas giratorias, las habas se tuestan durante unos pocos minutos a entre 110 y 120°C., eliminándose la humedad y la acidez, al tiempo que se favorece el desarrollo de los aromas. Cada tipo de grano que formará parte de una determinada mezcla de chocolate se tuesta por separado. Nunca se utiliza un único tipo de grano para elaborar el chocolate. Después de su enfriamiento, las habas, cuyas cáscaras han comenzado a explotar por el efecto de la torrefacción, se llevan a una máquina de descascarillar y cribar, que abre los granos tostados y separa los pellejos, ligeros, de la parte comestible, más pesada. Las cáscaras y hollejos se reciclan como composta para jardines, o para elaborar mantecas de baja calidad.

El siguiente paso es la mezcla. Determinadas cantidades de diferentes variedades de granos son pesadas e introducidas en un depósito cilíndrico, previamente a su paso a las máquinas de molienda. La mezcla de diferentes granos para hacer cacao en polvo es menos exigente que la del chocolate, pues requiere gran habilidad del chocolatero ya que reconocer el aroma y sabor de cada variedad lleva muchos años de experiencia (para los distintos tipos de mezclas de cacao). A continuación, se muelen las habas del cacao. Las habas trituradas pasan a través de una batería de molinos y se someten a un batido a una temperatura constante de 60-80°; la duración de este tratamiento puede ir de las 18 a las 72 horas. La duración influye en la textura del chocolate resultante: a menos batido, mayor aspereza. Por efecto de la trituración, el tejido celular de las habas, que contiene de un 50 a un 60% de manteca de cacao, permite la liberación en parte de esta grasa, que luego se licúa por efecto del calor generado por el frotamiento.

El resultado es una pasta fluida pero densa, la pasta de cacao: una suspensión de sustancias con cacao en manteca de cacao. Para su utilización en los diferentes productos, esta pasta se homogeneiza y se calienta a 100°, para ser luego propulsada en prensas hidráulicas. Se



extrae así la mayor cantidad posible de manteca de cacao, que se filtra y se compacta en grandes bloques. La pasta de cacao, con un porcentaje de grasa reducido entre el 8 y el 22%, se presenta en forma de pan u hogaza. Esta parte sólida es durísima, pues se solidifica a 600 atmósferas. El característico crujido y el delicado brillo del buen chocolate es debido a la estructura cristalina de la manteca de cacao. La manteca de cacao, aparte de su utilización en la elaboración de chocolates, se usa en jabones y cosmética, por tener un punto de fusión ligeramente inferior a la temperatura corporal, lo que la convierte en una base perfecta para lápices de labios y otras cremas.

La elaboración del chocolate pasa por su última fase con la cuidadosa mezcla de la pasta y la manteca de cacao con azúcar, refinando la composición resultante por medio de trituradoras-refinadoras que producen una pasta muy delgada.

Chocolate negro: (llamado también chocolate fondant; chocolate amargo; chocolate bitter, chocolate amer, chocolate puro): es el chocolate propiamente dicho, pues es el resultado de la mezcla de la pasta y manteca del cacao con azúcar, sin el añadido de ningún otro producto (exceptuando el aromatizante y el emulsionante más arriba citados). Las proporciones con que se elabora dependen del fabricante. No obstante, se entiende que un chocolate negro debe presentar una proporción de pasta de cacao superior, aproximadamente, al 50% del producto, pues es a partir de esa cantidad cuando el amargor del cacao empieza a ser perceptible. En cualquier caso, existen en el mercado tabletas de chocolate negro con distintas proporciones de cacao, llegando incluso hasta el 99%.

Chocolate de cobertura: es el chocolate que utilizan los chocolateros y los pasteleros como materia prima. Puede ser negro o con leche, pero en todo caso se trata de un chocolate con una proporción de manteca de cacao de alrededor del 30%, lo que supone el doble que en los otros tipos de chocolate. La cobertura se usa para

conseguir un alto brillo al templar el chocolate y porque se funde fácilmente y es muy moldeable.

Para la composición nutricional, los dos principales ingredientes del chocolate son calóricos: la grasa y el azúcar. Los hidratos de carbono: los proporcionan sobre todo los azúcares, que aportan casi la mitad de la energía total. El cacao como materia prima contiene además almidón y fibra, pero estos componentes quedan luego más diluidos en los productos finales de chocolate. Las grasas: proporcionan la otra mitad de la energía del chocolate elaborado. La excepción es el cacao en polvo, que tiene muy poco contenido graso.

La fibra: se encuentra en cantidades apreciables tanto en el cacao en polvo como en el insoluble; sin embargo, los productos acabados de chocolate contienen cantidades poco significativas.

Los minerales: en los chocolates negros y en el cacao en polvo el aporte de minerales se ve reducido por su dilución con otros ingredientes; en cambio, el chocolate con leche y el chocolate blanco se ven enriquecidos sobre todo con el aporte de calcio. Las proteínas: no tienen un lugar destacado, excepto en el chocolate con leche y el chocolate blanco, cuyos ingredientes lácteos aumentan su valor proteico. Además, el cacao como materia prima también ofrece porcentajes más altos.

Las vitaminas: destaca sobre todo el aporte de ácido fólico. Los chocolates blancos y con leche presentan mayores cantidades de vitamina A que el resto de los derivados del cacao debido a los lácteos que contienen. La energía: los chocolates en general (y en menor medida el cacao en polvo) son alimentos muy energéticos.

### III. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Con la aplicación de la metodología de producción más limpia en la industria chocolatera, se reducirán los niveles de contaminación al ambiente y ayudará a que sea aprovechada una manera sustentable los recursos de energía, agua y desechos.

#### IV. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### Objetivo General:

Mejorar la productividad y disminuir la contaminación ambiental a través de la implementación la metodología de P+L en Chocolates Procali S.A. de C.V.

### Objetivos particulares:

- Realizar en la Empresa Chocolates Procali del Centro S.A. de C.V. un estudio de factibilidad por medio de la aplicación de la metodología de P+L, a través de un análisis de costo beneficio.
- Medir los niveles de contaminación del suelo, aire, agua y el consumo de energéticos.
- Aplicación particular de la metodología de P+L en las áreas de oportunidades detectadas en el análisis de factibilidad.

## V. METODOLOGÍA

El proyecto se llevo a cabo en el la fábrica de Chocolates Procali del Centro S.A. de C.V. ubicada en Carretera Panamericana s/n, frente a CEBETA en Pedro Escobedo, Qro.

Se aplico la metodología de P+L, siguiendo cada uno de los pasos siguientes:

#### 5.1. Evaluación general de oportunidades de P+L en la fábrica de chocolates.

- Recopilaron de datos de la planta (datos generales de la empresa). Se hizo una evaluación de la red hidráulica, del proceso productivo, de las redes de energía tales como: energía eléctrica y generación de vapor, así como, una evaluación de las buenas prácticas operativas y condiciones ambientales.
- Se realizó un análisis de consumos de energía eléctrica, térmica y de agua por medio de un estudio histórico a través de los recibos mensuales, y comparándolos con índices de procesos similares optimizados, además se hizo un estudio del proceso productivo en cuanto al nivel de tecnología utilizado, su optimización por medio de eco-balances de materia y energía, costos de producción, manejo de materias primas, rendimientos, tiempos y movimientos.
- Aprovechando el eco-balance de materia y energía se determinaron las cantidades de residuos de materiales, la cantidad de agua desechada, los gases producidos en el proceso, los sólidos generados tanto de producto como de materia primas y empaques.
- Después de hacer un análisis de los estudios realizados tanto en agua, aire, suelo y energía y materiales y a través de una comparación costo beneficio, tanto económico como ambiental, se hizo una aplicación directa de la metodología de P+L en las áreas de oportunidad detectadas.

##### 5.1.1. Fases de la metodología de P+L aplicadas a Chocolates Procali del Centro SA de CV.

#### 5. 1.1.1 Fase 1: Planeación y organización del programa de P+L

- Compromiso de la Dirección.

Para la realización de este proyecto se contó con el apoyo de la dirección de la Empresa, que en este caso se trata de una empresa pequeña de tipo familiar y esta administrada por ellos mismos, el Director General, quien en todo momento asumió el compromiso y soporte para llevar a cabo en la empresa el programa, después de haberse convencido del beneficio del mismo, tanto del impacto ambiental, como del beneficio económico.

- Equipo de trabajo de P+L

Se formó el grupo de trabajo de P+L, el cual estuvo compuesto por un coordinador del Proyecto, el Director general, el Ingeniero de Control de Calidad, y del Jefe de Producción.

- Metas de P+L

Se definieron las metas a alcanzar durante el proyecto, las cuales se enumeran a continuación:

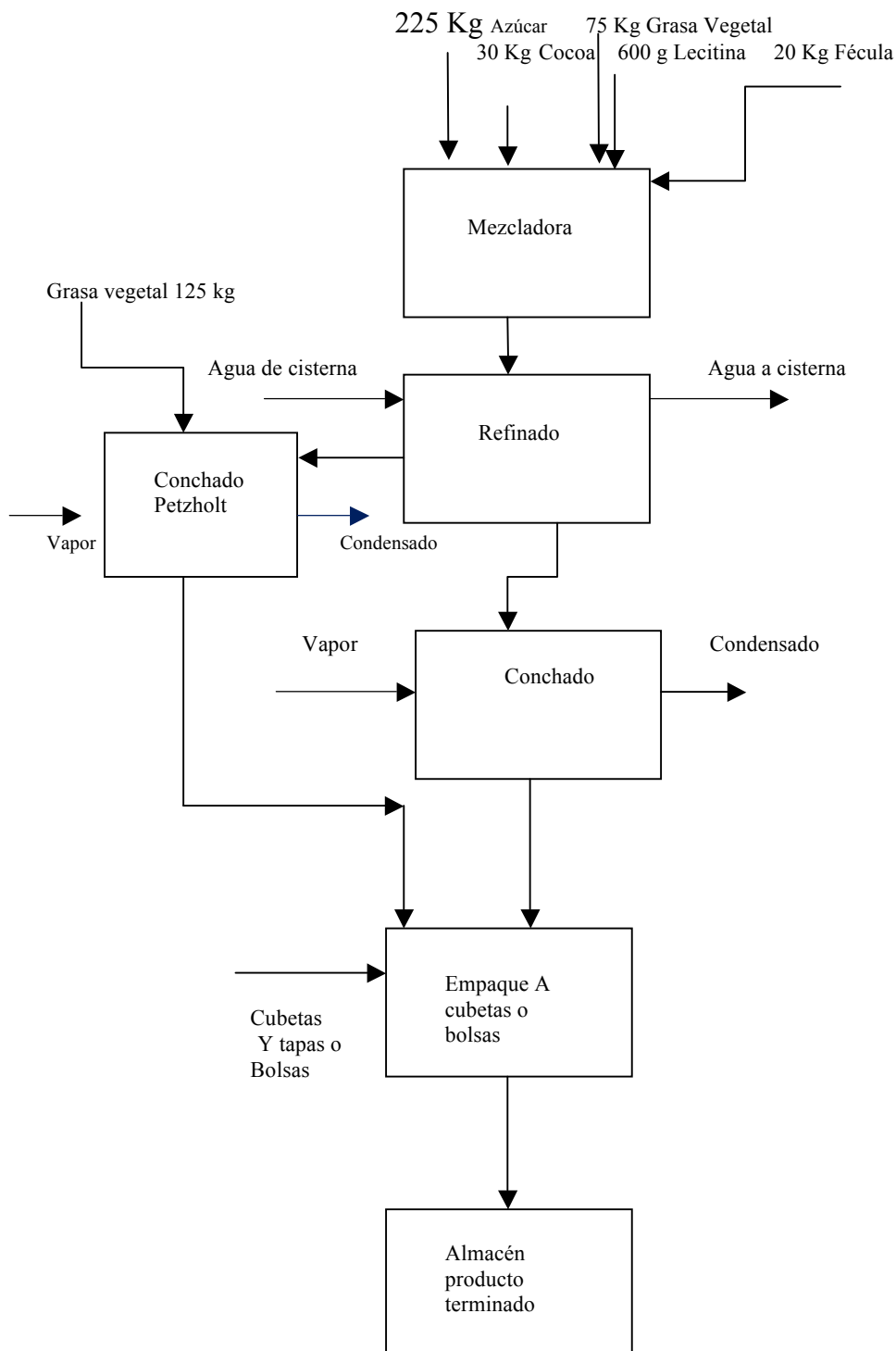
- a. Reducción de la contaminación atmosférica en ton CO<sub>2</sub> equivalentes en un 30% de las emisiones actuales.
- b. Reducción de la facturación de energía eléctrica en un 30% del consumo actual.
- c. Reducción del consumo de gas LP en un 30% del consumo actual.

- d. Mejorar el manejo y rendimiento de materias primas más importantes, reducción del residuo sólido en un 30%.

### 5.1.2 Fase 2: Evaluación

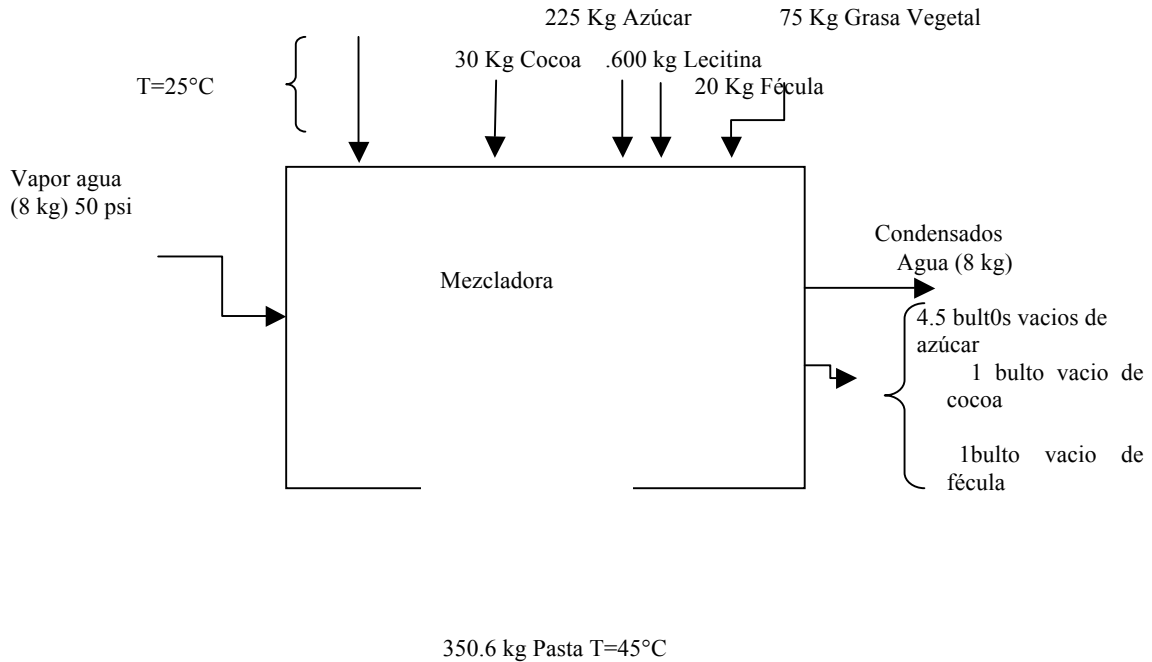
#### 5.1.2.1 Balances de Materia y energía del proceso general.

Figura 1: Diagrama general de flujo y Balance de materiales L-1



### 5.1.2.2 Balance de materia y energía en las Mezcladoras

Figura 2: Base de cálculo: 1 carga de mezcladora.



Cálculo de calor necesario para cada batch (carga) en la mezcladora.

Calor sensible para aumentar la temperatura de la mezcla de  $25$  a  $45^{\circ}\text{C}$

$$Q = mC_p (T_f - T_i)$$

$$Q = (350.6 \text{ kg}) (0.51 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}) (20^{\circ}\text{C})$$

$$Q = 3576.12 \text{ Kcal}$$

$Q$  = Calor sensible.

$m$  = Masa del material

$C_p$  = Capacidad calorífica de la mezcla.

$T_f$  = Temperatura final de la masa

$T_i$  = Temperatura inicial de la masa

Si consideramos 15% de pérdidas por radiación, tendríamos que adicionar a la mezcladora 4112.38 Kcal por cada batch.



Vapor necesario para proporcionar esta cantidad de calor

$$4125,38 \text{ Kcal} = V \cdot \text{calor latente.}$$

Calor latente del vapor de agua a 50 psi.= 514 Kcal/kg

$$V = 4125,38 / 514 = 8 \text{ kg}$$

Se requieren 8 kg de vapor por cada carga y en las 10 hrs de operación de la planta se hacen 40 cargas de pasta por lo que:

Consumo por día de vapor en Mezclas= (8 kg vapor)(40)=320 kg vapor/ día

Generación de residuos sólidos en mezclado, a plena capacidad.

De acuerdo al balance de materiales tenemos que se generan:

4.5 bultos vacíos de azúcar por carga en mezclado y se hacen máximo 40 cargas al día por lo que se pueden generar:

$$4.5 \cdot 40 = 180 \text{ bultos vacíos de azúcar}$$

1 bulto vacío de cocoa por carga en mezclado y se hacen máximo 40 cargas al día por lo que se pueden generar:

$$1 \cdot 40 = 40 \text{ bultos de cartón vacíos de cocoa por día}$$

1\*40 = 40 bolsas de plástico del tamaño del bulto que viene en el interior del saco de cartón.

1 bulto vacío de fécula por carga en mezclado y se hacen máximo 40 cargas al día por lo que se pueden generar:

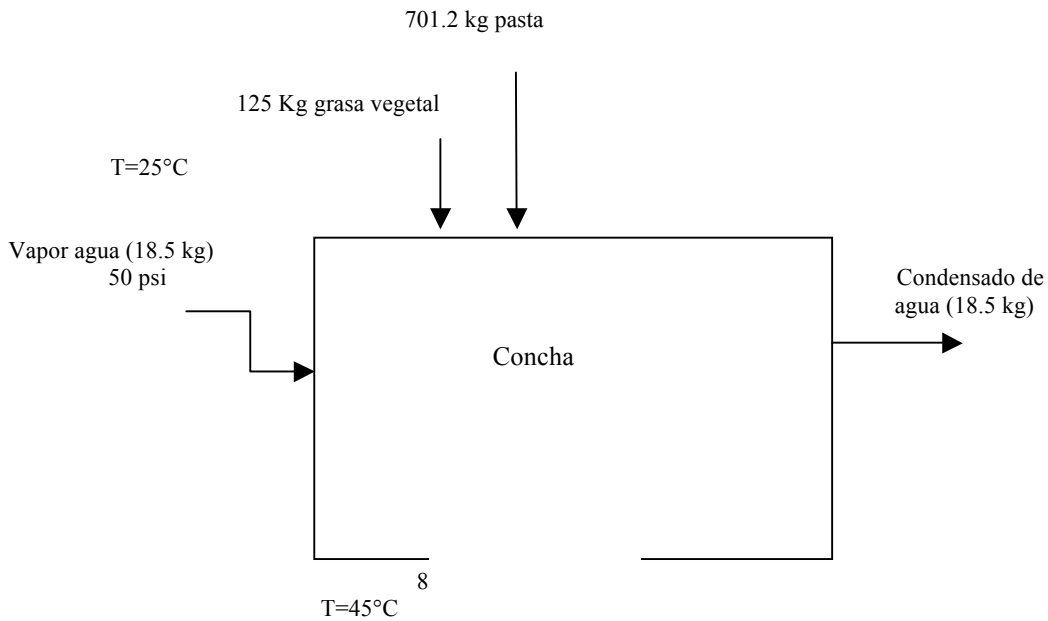
$$1 \cdot 40 = 40 \text{ bultos de cartón vacíos de fécula por día}$$

1\*40 = 40 bolsas de plástico del tamaño del bulto que viene en el interior del saco de cartón.

Balance de materia y energía en conchado.

### 5.1.2.3. Balance materia y energía en conchado

Figura 3: Base de cálculo: 1 Concha



Cálculo de calor necesario para cada batch en la concha.

Calor sensible para aumentar la temperatura de la mezcla de 25 a 45°C

$$Q = mC_p (T_f - T_i)$$

$$Q = (826.2 \text{ kg}) (0.51 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C})(20^\circ\text{C})$$

$$Q = 8427.24 \text{ Kcal}$$

Si consideramos 15% de pérdidas por radiación, tendríamos que adicionar a la mezcladora 9691.32 Kcal por cada batch.

Vapor necesario para proporcionar esta cantidad de calor 9691.32 Kcal  
= Vapor\*calor latente.

Calor latente del vapor de agua a 50 psi.= 514 Kcal/kg

$$V=9691.32/514= 18.85 \text{ kg}$$

Se requieren 18.85 kg de vapor por cada carga y en las 10 hrs de operación de la planta se hacen 20 cargas de pasta por lo que:

Consumo por día de vapor en Conchas= (18.85 kg vapor) (20)=377 kg vapor/día.

Calor de fusión requerido en conchado.

En este equipo la pasta se funde y calienta por lo que es necesario calcular este calor adicional.

Calor de fusión promedio del chocolate= 20 Kcal/kg

$$Q_f= (826.2 \text{ kg}) (20 \text{ Kcal/kg})= 16524 \text{ Kcal/carga}$$

Si consideramos el 15% de pérdidas por radiación tenemos que:

$$Q_f= 16524*1.15= 19002 \text{ Kcal/carga}$$

Si se hacen 20 cargas por día se necesitan:

$$Q_f= 19002*20= 380,052 \text{ Kcal/ día.}$$

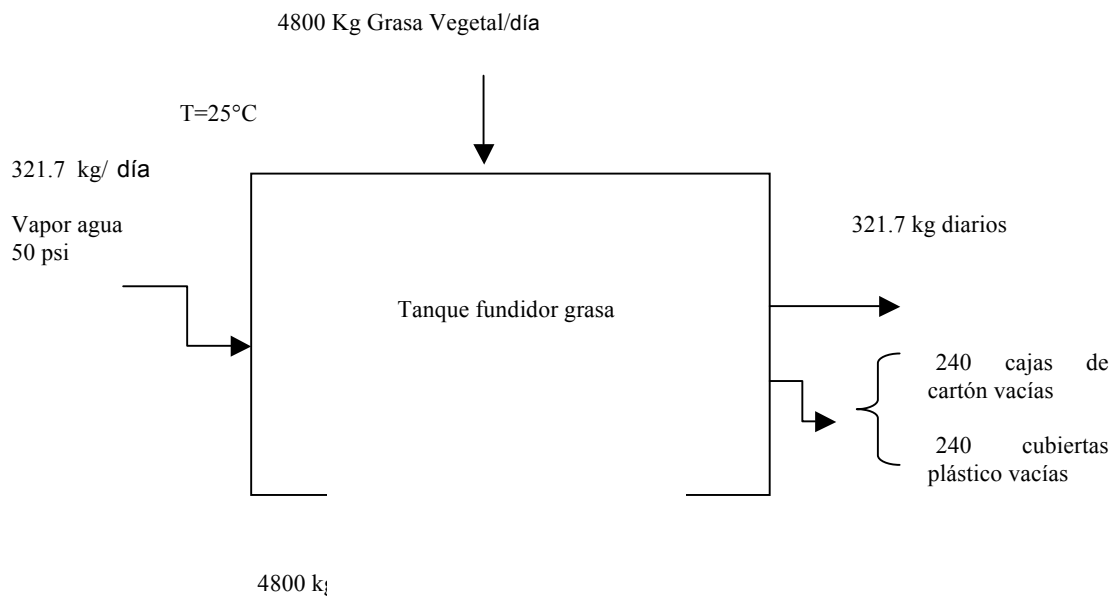
Vapor necesario

$$V= 380,052/514= 379.4 \text{ kg vapor}$$

Calor total en conchado por día:  $V_t = V_s + V_f = 377 + 379.4 = 756.4$  kg vapor/día

#### 5.1.2.4. Fundidor de grasa vegetal

Figura 4: Diagrama del balance del Tanque fundidor de grasa vegetal



Cálculo del calor requerido en el tanque fundidor de grasa vegetal:

Calor sensible para aumentar la temperatura de grasa vegetal de 25 a 45°C

$$Q = mC_p (T_f - T_i)$$

$$Q = (4800 \text{ kg}) (0.50 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}) (20^\circ\text{C})$$

$$Q = 48000 \text{ Kcal}$$

Si consideramos 15% de pérdidas por radiación, tendríamos que adicionar al tanque fundidor 55200 Kcal por día

Vapor necesario para proporcionar esta cantidad de calor

55200 Kcal= Vapor\*calor latente.

Calor latente del vapor de agua a 50 psi.= 514 Kcal/kg

$V=55200/514= 107$  kg

Calor de fusión requerido en grasa vegetal

En este equipo la grasa se funde y calienta por lo que es necesario calcular este calor adicional.

Calor de fusión promedio de la grasa = 20 Kcal/kg

Calor necesario para fundir la grasa

$Q= mQ_f$

$Q= mQ_f= (4800 \text{ kg}) (20 \text{ Kcal/kg})= 96000$  Kcal/carga

Si consideramos el 15% de pérdidas por radiación tenemos que:

$Q= 96000*1.15= 110400$  Kcal/carga

Vapor necesario

$V= 110400/514= 214.7$  kg vapor

Calor total en grasa vegetal por día:

$V_t= V_s + V_f=107 + 214.7 = 321.7$  kg vapor por día

$V_t=$  vapor total utilizado en grasa vegetal

$V_s$ = vapor para calentar la grasa.

$V_f$ = vapor para fundir la grasa

Vapor total utilizado en la Planta por día

Vapor Mezclado= 320 kg

Vapor Conchado= 756.4 kg

Vapor grasa vegetal= 321.7

Total vapor por día= 1398.1 kg

Gas requerido para la producción de 16 toneladas de producto diario.

Cantidad de gas LP teórico para proporcionar el calor necesario para la obtención de 1398.1 kg de vapor de esas características (50 psi)

Cada litro de gas LP proporciona 6320 Kcal

Para producir 1398.1 kg de vapor se requieren:

$Q = m \cdot \text{entalpia del vapor de agua a 50 psia}$

$Q = 1398.1 \cdot 651 = 910098 \text{ Kcal}$

Gas LP=  $910098 \text{ Kcal} / 6320 \text{ Kcal/l} = 144 \text{ litros de gas/día}$

Generación de ton equivalentes de  $\text{CO}_2 = 46$

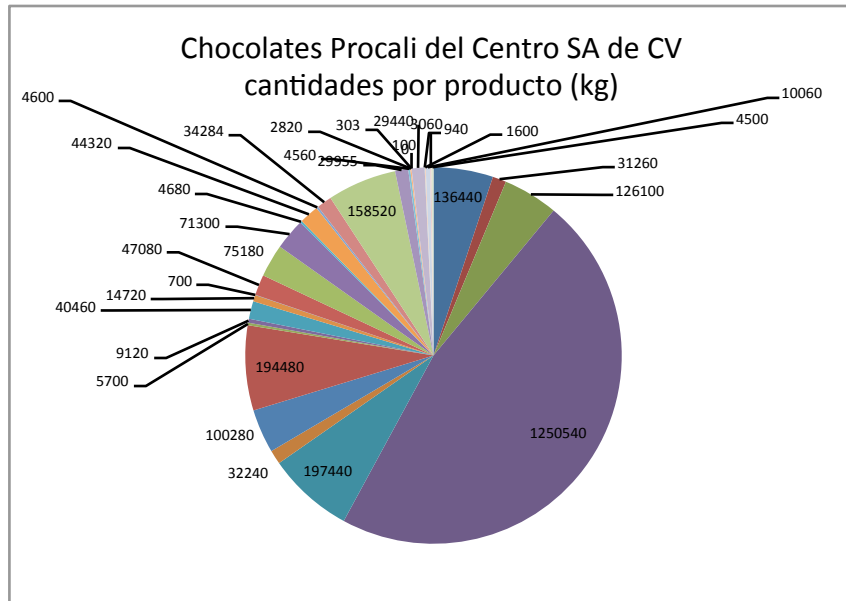
#### 5.1.2.5 Proceso de Fabricación

La empresa fabrica diferentes productos que son materia prima para la Industria de alimentos y bebidas:

- Cobertura de Chocolate Tradicional.
- Cobertura de Chocolate de alto rendimiento.
- Cobertura de Chocolate Clara
- Cobertura de Chocolate Oscura
- Cobertura de Chocolate Blanca.
- Cobertura chocolate Helado Imperial
- Cobertura chocolate Helado tradicional
- Cobertura chocolate Helypan
- Cobertura chocolate Disepan

El volumen de producción de cobertura de chocolate tradicional envasada en bolsas de a un kilogramo y empacada en cajas con 20 bolsas o bien a granel en cubetas de 20 kg o 5 kg, representa más del 75% (ver gráfica 5) de la cobertura de chocolate total producida. Es por ello que la evaluación se centra en el análisis de oportunidades para el proceso de producción de esta cobertura.

Figura 5: Distribución por tipo de producto y cantidad



Proceso de fabricación de la cobertura de chocolate tradicional

La fabricación de la cobertura tradicional se lleva a cabo en cuatro etapas:

- Mezclado
- Refinado
- Conchado
- Envasado y empaque.

En la *primera etapa* se hace la mezcla de materias primas en una revolventador de aspas con giro encontrado y con chaqueta de vapor para su calentamiento para asegurar una buena homogenización de los materiales.

Se mezcla el azúcar debidamente pulverizado junto con cocoa, fécula de maíz y grasa vegetal fundida y una vez que se encuentra bien homogénea se le adiciona lecitina de soya para aglutinar la pasta.

En la segunda etapa la pasta se pasa a través de una refinadora para darle una consistencia mas fina a las partículas que componen esta mezcla, los rodillos de estas refinadoras están enfriados con agua a temperatura ambiente para evitar que la cobertura se caliente demasiado y no se procese bien.



En la tercera etapa se desarrolla el proceso de conchado en donde se le adiciona el resto de grasa vegetal y otros productos como esencias, almendras, nueces etc. es en este punto donde se elimina la humedad que pudiera llevar así como algunos componentes volátiles, que es finalmente de donde depende la calidad final del chocolate y es aquí donde se le toma la tersura y brillantez el producto.

En la cuarta etapa se pasa a una máquina Kiliadora o se empaca directamente a cubetas o marquetas donde se envasa en diferentes presentaciones y capacidades y finalmente de allí pasa el producto al almacén de producto terminado listo para embarcarse a los clientes.

De acuerdo al diagrama de proceso y balance de materiales podemos encontrar:

- Consumo de energía eléctrica para mover los diferentes equipos.
- Consumo de energía térmica para calentar los diferentes equipos que lo requieren.
- Consumo de agua para enfriar algunos equipos.
- Las diferentes materias primas necesarias para la fabricación.
- Consumo de material de empaque de acuerdo a la presentación de cada producto.
- Generación de residuos sólidos provenientes de empaques de materias primas.
- Consumo de aire comprimido utilizado en el envasado de algunos productos.

- Intercambio de calor para el enfriamiento de unos productos y el enfriamiento de algunos equipos.
- Consumo de energía eléctrica para la iluminación de las áreas productivas.
- Generación de gases provenientes del generador de vapor.
- Generación de polvos provenientes de la molienda de azúcar.
- Consumo de energía eléctrica para proveer alumbrado y energía a equipos de oficinas y demás áreas de servicios.
- Consumo de agua para baños, caldera, y lavado de utensilios.

#### 5.1.2.5. Procedimiento de operación y manejo de materiales.

##### a. Manejo de grasa vegetal.

Este material se recibe en estado sólido y viene en cajas de cartón de 20 kg c/u, cuando se utiliza la grasa vegetal en el proceso se adiciona en estado líquido, por lo que debe pasar primero a un fundidor calentado con vapor, donde se tiene que alimentar manualmente transportándolo de una distancia de 20 m y luego abrir la caja, quitarle el plástico y meter la pieza de 20 kg al fundidor a una altura de aproximadamente 1.50 m y posteriormente se va adicionando al proceso por medio de cubetas de 20 lts que transportan manualmente los operadores a los equipos a una temperatura que oscila entre los 45 a 60°C, esta operación se tiene que hacer desde el tanque fundidor hasta las mezcladoras y a las conchas recorriendo distancias de 15 hasta 35 m cargando de 2 cubetas a la vez. En esta misma operación se generan desechos sólidos equivalentes a 192 cajas diarias incluyendo 192 empaques de plástico donde viene cubierta la grasa vegetal para protección, pero que al desecharse lleva consigo parte del material.

#### b. Manejo y operación del molino pulverizado del azúcar.

Este material se recibe en bultos de 50 kg y se almacena en estibas de hasta 10 bultos por parte del proveedor, luego el operador de molienda va tomando los bultos de esas estibas, de cualquier forma, a veces con ayuda de otros operadores o solo y de allí los pasa a una fosa pasándolos previamente por una malla para evitar se vayan objetos extraños al molino o terrones muy grandes de azúcar, de allí se pasa al molino por medio de un transportador de tornillo y se va dosificando al molino donde se tritura hasta adquirir cierto grado de finura (0.8 mm de diámetro promedio). Durante el proceso de molienda se desprende gran cantidad de polvo del azúcar el cual forma una alta concentración de este material por toda el área y no se tiene forma de recuperar. El consumo diario de este material es de aproximadamente 7 toneladas lo que equivale a mover y moler 140 bultos, los cuales generan aproximadamente 50 kg de polvo que se expande por toda el área y 150 bultos como material sólido de desecho con residuos de polvo fino de azúcar el cual se maneja como residuo no peligroso, se recolecta y se reutiliza o se manda al relleno sanitario.

#### c. Otras Materias Primas.

Aunque en menos cantidad, el manejo de otras materias primas es similar a las anteriores, ejemplo de ello se tienen en el caso de la cocoa donde el consumo diario es del orden de 1000 kg y viene por lo general en bultos de papel de 250 kg por lo que en un día se utilizan aproximadamente 40 bultos, que aunque no se tiene el mismo problema de manejo en el área, si se tiene la generación de 40 empaques de papel con residuos de cocoa, los cuales se manejan como residuos no peligrosos los cuales van al relleno sanitario.

#### 5.1.2.6 Equipos de proceso.

- . Generador de vapor (caldera)

Para la generación de vapor se tiene una caldera de 10 CV, la cual se utiliza para calentar los siguientes equipos:

Esta caldera no estaba proporcionando el suficiente vapor para calentar los equipos anteriores, debido al exceso de fugas, mal funcionamiento del quemador, obstrucción de los fluxes ya que no se trata el agua con la que se le alimenta y las pérdidas de calor por radiación por líneas y equipos sin aislar. Lo anterior ocasionaba baja productividad, ya que en ocasiones se tenía que detener la producción hasta que la caldera almacenará suficiente vapor y subir la presión.

El consumo de combustible, gas LP, era elevado ya que la caldera no se detenía prácticamente en todo el turno, afortunadamente la generación de contaminantes a la atmosfera no era muy grave debido al tipo de combustible que se usa. Aunque no se tiene ningún registro de emisiones. El consumo de agua era alto debido a los constantes drenes, a los equipos para tratar de incrementar las temperaturas y debido también a la formación de condensados por la falta de aislante.

- . Compresores de aire.

Se tienen 2 compresores de aire del tipo reciprocante lubricados, de la marca Milwaukee, de 10 HP, los cuales proporcionan aire comprimido para las maquinas Kiliadoras.

Se trabajan con una presión de descarga de 12 kg/cm<sup>2</sup> y consumiendo de 20 a 24 amperes cada uno y solo trabajan los dos juntos cuando se operan las 2 Kiliadoras

- Máquinas de refrigeración

Para el enfriamiento y solidificación del producto, se tiene un cuarto de refrigeración, el cual trabaja con 2 compresores Bhon con sus

respectivos evaporadores para proporcionar una temperatura de 0 a 3°C, con un consumo de corriente de 20 amperes cada uno.

- Máquinas Kiliadoras.

Se tienen 2 máquinas Kiliadoras con una capacidad de 13 ciclos por minuto, lo que equivale a envasar 13 bolsas de a kilo de producto por minuto en cada máquina. Estas máquinas requieren energía eléctrica y aire comprimido para su funcionamiento.

Se envasan diariamente aproximadamente 8000 kg con un consumo del mismo número de bolsas de polietileno y un 10% adicional por fallas de sellado y cambio de bobina.

- Refinadoras.

Se tienen dos refinadoras, cuya función es el de hacer mas fina la partícula de la pasta, estas maquinas procesan hasta 8000 kg al día cada una y lo hace por medio de rodillos metálicos enfriados por agua para evitar el sobrecalentamiento, que el producto se adhiera a los rodillos lo cual puede ocasionar mala procesabilidad y daño al producto.

Estas máquinas son movidas por motores de 25 HP (los de mayor capacidad de la planta) con un consumo de 30 amperes una de ellas y la otra con un consumo de 50 amperes, a pesar que desarrollan el mismo trabajo.

El sistema de enfriamiento, es por medio de agua, la cual es alimentada directamente de un tanque aéreo a una temperatura ambiente y cae por gravedad hasta los rodillos donde entra y sale de los tres rodillos que tiene cada máquina y el agua retorna caliente (45°C aproximadamente) nuevamente a la cisterna donde se mezcla con el agua a temperatura ambiente, y se bombea al tanque aéreo nuevamente para surtir además de los rodillo a los demás servicios de la planta.

Conchas.

Se tienen 4 máquinas de conchado cuya función es evaporar el agua y remover los volátiles de la pasta, lo cual hace que el chocolate incremente el sabor y su consistencia lisa y brillante. Lo anterior lo hace a una temperatura de aproximadamente 45°C y por medio de una exposición continua para remover el agua y volátiles, para ello cuenta con un agitador de aspas a una velocidad relativamente baja.

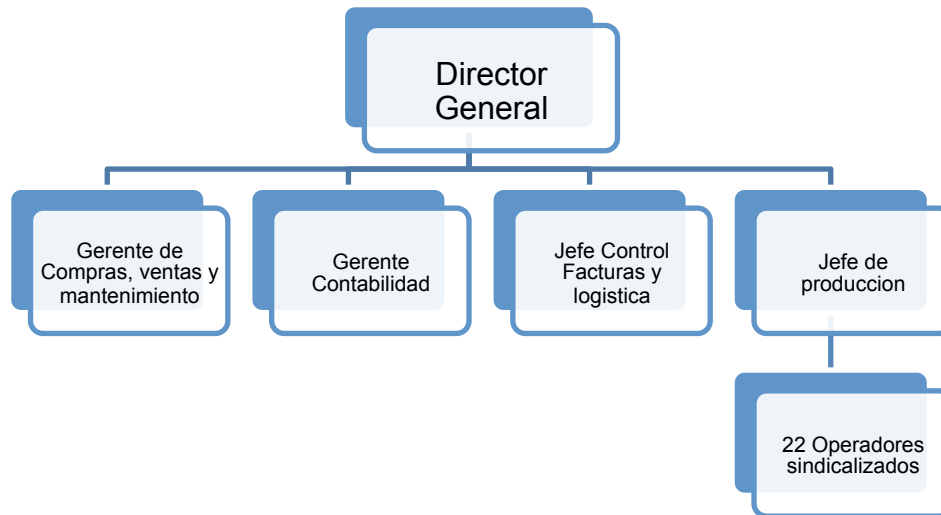
Para el calentamiento se utilizan vapor de agua el cual se suministra a través de una chaqueta de que esta provisto el tanque. Se tienen problemas para la transferencia de calor debido al exceso de condensados y aire que se acumula por el mal funcionamiento de las trampas y falta de aislamiento.

- Mezcladoras

Se tienen dos mezcladoras cuya función es la de homogeneizar los componentes iniciales de la pasta como son el azúcar, la cocoa, la grasa vegetal, la fécula y demás componentes, estos equipos también están calentados por medio de vapor de agua y se tienen los mismos problemas de calentamiento que en los otros equipos. Están provistos de agitadores de aspas con lo cual hace el mezclado, y con una temperatura de 45°C. Toda la operación de llenado de los componentes es manual.

#### 5.1.2.7 Organización.

Figura 6: Organigrama



#### 5.1.2.8 Otros.

No se cuenta con un sistema de Calidad, Seguridad, Higiene, mantenimiento, ambiental, capacitación, etc.

#### 5.1.3. Fase 3. Evaluación.

##### 5.1.3.1 Evaluación de materiales y energía.

###### 5.1.3.1.1 Consumo y costos de electricidad

Chocolates Procali SA de CV tiene contratado un suministro de energía eléctrica en tarifa OM (nomenclatura utilizada por CFE) región sur, para satisfacer los requerimientos de electricidad en los sistemas de iluminación, aire comprimido, cámara de refrigeración, diversos motores, bombas y equipos de oficina varios.

Los valores que se utilizaran en el presente reporte son los siguientes:

Tarifa eléctrica contratada: OM de la región sur.

“Todos los municipios de los Estados de: Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tabasco. Todos los municipios de los Estados de Zacatecas, San Luís Potosí y Veracruz no comprendidos en la

REGION NORTE o en la REGION NORESTE. Todos los municipios de los Estados de México y Morelos no comprendidos en la REGION CENTRAL”

El consumo mensual promedio de energía eléctrica (considerando la información de todos los recibos de energía eléctrica proporcionados): 9,321 Kwh /mes. La demanda facturable mensual: 76.8 Kw Importe promedio mensual de la facturación de energía eléctrica del 2007, 2008 IVA incluido: 33,237.70 \$/mes

El costo de la tarifa eléctrica de referencia que se tomará para los cálculos corresponde al mes de noviembre del 2008, cuyos costos son los siguientes:

Importe por los diferentes servicios eléctricos (Noviembre 2008)

Tabla 3: Costo de energía eléctrica (noviembre 2008)

Concepto	Importe \$ pesos
Demanda Facturable	141.61
Consumo de energía	1.330

Costo medio.

El Costo medio del Kwh para Chocolates Procali del Centro SA de CV, es el costo medio del Kwh, el cual es el cociente de la división del importe promedio total facturado, entre el consumo promedio que nos da 3.2953 \$/Kwh, este costo medio considera la contribución de los diferentes importes que integran la facturación (consumo, demanda, cargo por bajo factor de potencia, IVA, otros).

Costo Kwh medio = Importe Total de la Facturación / Consumo Total de Energía

Costo Kwh medio = 398,852 \$/año / (111,852 Kwh/año)



Costo Kwh medio = 3.5658 \$/Kwh (IVA incluido)

Tabla 4: Costo y consumo de energía eléctrica Chocolates Procali

Mes	Año	Demanda KW	Consumo KWH	Factor Potencia %	Cargo por bajo FP(\$)	Facturacion \$ pesos
Diciembre	2007	70	10678	72.18	4419.57	30025.34
Enero	2008	74	9969	71.98	4349.99	27686.27
Febrero	2008	70	10121	72.09	4283.56	28915.42
Marzo	2008	70	10046	89.42	4265.24	26749.72
Abril	2008	84	10045	77.75	4527.43	29260.95
Mayo	2008	77	10070	79.71	4452.32	29522.63
Junio *	2008					
Julio	2008	80	7920	70.00	4004.98	29294.00
Agosto	2008	80	8240	69.69	4083.12	31717.01
Septiembre	2008	80	6720	69.46	3711.95	30613.00
Octubre	2008	80	8640	68.46	4180.79	33113.70
Noviembre	2008	80	10080	68.46	4268.70	38000.00
TOTALES			102529	73.56	50848.00	365614.75
PROMEDIO		76.8	9321	73.56	4622.54	33237.70

#### 5.1.3.1.2 Costo y consumo de gas.

Chocolates Procali del Centro SA de CV utiliza gas LP el generador de vapor (caldera), esta caldera tiene una capacidad de 10 CV, sin marca. A continuación se presenta una tabla con los datos proporcionado por la empresa de los consumos y costos del gas LP consumidos durante los meses de enero a noviembre del 2008.

Tabla 5: Costo y consumo de gas Chocolates Procali (enero 2008 a noviembre 2008)

Mes	Año	Consumo Litros	Costo Promedio por Litro (\$)	Costo mensual (\$)
Enero	2008	2573	5.00	12865.00
Febrero	2008	2422	5.00	12110.00
Marzo	2008	1919	5.00	9596.00
Abril	2008	2689	5.00	13446.00
Mayo	2008	2042	5.00	10211.00
Junio	2008	1507	5.00	7537.00
Julio	2008	2059	5.00	10296.00
Agosto	2008	1902	5.00	9512.00
Septiembre	2008	2224	5.00	11119.00
Octubre	2008	2931	5.00	14659.00
Noviembre	2008	2517	5.00	12585.00
<b>TOTAL</b>		<b>24785</b>		<b>123,925.00</b>
<b>Promedio</b>		<b>2553</b>	<b>5.00</b>	<b>11265.00</b>

#### 5.1.3.1.3 Costo y consumo de agua.

La empresa no cuenta con suministro de agua potable entubada de la red municipal debido a que donde está ubicada son terrenos suburbanos en donde no se cuenta con este servicio. El agua que se consume es agua potable suministrada en pipas de aproximadamente 8000 litros, para ello se cuenta con una cisterna de 117,386 m<sup>3</sup> y se tiene un consumo de 64 m<sup>3</sup> mensuales, esta información fue proporcionada de los datos de una bitácora que lleva el departamento de vigilancia, se paga a un promedio de \$300.00 por pipa del cual se calcula un costo aproximado \$28,800.00 anuales.

Tabla 6: Ahorro en consumo agua CEA vs Pipas

Mes facturado	Año	Consumo Pipas (m <sup>3</sup> )	Mermas (m <sup>3</sup> )	Costo m3 pipas (\$)	Costo Pipas (\$) pesos
Diciembre	2007	63	4.8	37.50	2400.00
Enero	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Febrero	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Marzo	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Abril	2008	63	4.8	37.50	2.400.00
Mayo	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Junio	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Julio	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Agosto	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Septiembre	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Octubre	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Noviembre	2008	63	4.8	37.50	2400.00
Total Anual		768	57.6	37.50	28,800.00

#### 5.1.3.2 Evaluación de causas de los costos altos.

##### 5.1.3.2.1. Causas de alto consumo de energía eléctrica.

En el mes de junio de 2008 se quemó el medidor de energía eléctrica debido a sobrecalentamiento originado por tener un transformador de baja capacidad para el consumo de la planta, el transformador original era de 50 KVA y posterior a este problema se cambia por un transformador de 150 KVA, en esa ocasión al reponer el medidor se saca del interior de la Planta donde estaba originalmente y se le coloca un candado y esto ocasiona que el personal de CFE ya no restablezca cada mes el dato de demanda máxima y se tome la lectura como la unidad y se reporte en el recibo una demanda máxima de 80 KW sostenida hasta el mes de noviembre. Se hace el reclamo a CFE el 24 de noviembre y resetean el medidor el 28 de noviembre quedando con un valor después de 24 horas de 0.6KW lo que representa una demanda máxima de 48 KW.

El cargo por bajo factor de potencia (fp) que aplica CFE lo realiza cuando este factor está por debajo del 90% y lo hace de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Cargo por bajo } f_p (\%) = 3/5(0.90/f_p - 1) \times 100$$

Durante los últimos 12 meses el factor de potencia ha estado por debajo del 90% (73.56 % promedio) lo que ocasionaba un cargo mayor equivalente a 18 % mensual sobre los costos de consumo, demanda de energía y del cargo por baja tensión, esto es originado básicamente por aquellos motores de inducción magnética, lámparas incandescentes y otros equipos que utilicen embobinados. En la planta no existen bancos de capacitores.

Demanda máxima.

El consumo promedio mensual actual de Chocolates Procali del Centro SA de CV es de 9321 Kwh con una demanda máxima promedio mensual de 76.8 KW sin embargo CFE reporta una demanda en los 5 últimos meses de 80 KW.

Compresores de aire.

Para la operación de las Kiliadoras, se requiere de aire comprimido mismo que se obtiene de dos compresores de aire del tipo recíprocarde lubricados, de la marca Milwaukee, de 10 HP, se trabajan con una presión de descarga de 12 kg/cm<sup>2</sup> y consumiendo de 20 a 24 amperes cada uno y solo trabajan los dos juntos cuando se operan las 2 Kiliadoras, después de desarrollar una serie de pruebas se determina que con 8 kg/cm<sup>2</sup> de presión es suficiente para que las Kiliadoras operen correctamente y se logre una reducción del consumo y demanda de la energía.

#### Compresores Bohn de refrigeración.

Para el enfriamiento y solidificación del producto, se tiene un cuarto de refrigeración, el cual trabaja con 2 compresores Bohn con sus respectivos evaporadores para proporcionar una temperatura de 0 a 3°C, con un consumo de corriente de 20 amperes cada uno. El cuarto de refrigeración fue diseñado originalmente para solidificar el producto en un solo paso, haciendo que el producto por medio de un transporte continuo se solidificara en un corto tiempo pero a baja temperatura (0°C). Este proyecto no ha iniciado pero si se mantenía la temperatura del cuarto a 0°C, y debido a lo anterior se incrementaba el consumo de energía innecesariamente ya que con 18°C máximo se logra el resultado requerido para la solidificación del chocolate y por otro lado se tiene el sistema de que entren los dos compresores juntos lo que ocasione alta demanda máxima.

#### 5.1.3.2.2 Consumo de Combustible.

Se tiene una caldera de 10 CV y para el funcionamiento se utiliza gas LP, el alto consumo combinado con baja productividad y alta contaminación por la cantidad de gases quemados y la mala combustión, son ocasionados por la caldera ineficiente e insegura y por las instalaciones sin aislar y trampas funcionando incorrectamente y control de temperatura de los consumidores de tipo manuales.

#### 5.1.3.2.3 Costo y consumo de agua.

a. Exceso de purgas en la caldera y líneas de transferencia de vapor ocasionadas por mal funcionamiento de la caldera y por las líneas conductoras de vapor sin aislar y con un mal diseño de trampas.

- Exceso de consumo de agua para lavar los utensilios
- Regaderas y WC con exceso de flujo.

#### 5.1.3.2.4 Otros

- Sistemas de operación de manejo de materiales, muy ineficientes e inseguros.
- Exceso de contaminantes atmosféricos por el alto consumo de combustible y combustión ineficiente.
- Perdidas de calor y de agua por purgas excesivas de condensados de vapor.

#### 5.1.4 Fase 4: Estudio de factibilidad.

Con el estudio anterior se determinan las siguientes opciones de P+L

##### Oportunidad 1

#### 5.1.4.1-Eliminar el cargo por factor de potencia.

El cargo por bajo factor de potencia que aplica CFE lo realiza cuando este factor está por debajo del 90% y lo hace de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Cargo por Bajo FP (\%)} = \frac{3}{5}(0.90/FP - 1) \times 100$$

Durante los meses de enero a noviembre de 2008 el factor de potencia era de 73.56 % (ver tabla) lo que venía causando un cargo equivalente a 18

% mensual sobre los costos de consumo, demanda de energía y del cargo por baja tensión.

La recomendación para solucionar este problema fue la instalación de capacitores, que en este caso, se instalaron dos capacitores uno de 20 y otro de 10 KVAR.

Oportunidad 2

5.1.4.2 Disminución del cargo por demanda máxima.

La tarifa eléctrica con la que es cobrada actualmente la energía eléctrica es OM, esta tarifa es para uso Industrial o Comercial.

El consumo promedio mensual actual de Chocolates Procali del Centro SA de CV es de 9321 Kwh con una demanda promedio mensual de 76.8 Kw, al hacer el restablecimiento del medidor el valor cambia a cero y posteriormente sube hasta alcanzar un valor de 0.5 a 0.6 el cual al multiplicarlo por el valor constante de 80 nos da una demanda real de 40 a 48 KW. Después se hace la bonificación por parte de CFE de los meses que habían tomado mal las lecturas y se empieza a cargar el nuevo valor disminuyendo así el costo de energía por mala facturación.

Cálculos:

Antes de resetear en medidor, 24 de noviembre de 2008, se tenía un promedio de demanda máxima de 76.85 KW, el costo mensual promedio, si consideramos los costos de los servicios de noviembre de 2008.

El ahorro será:

$76.8 \text{ KW} * 141.61 \text{ \$/KW} = \$ 10875.68$  por mes.

Si se disminuye la demanda máxima a 48 Kw, el costo será de:

$48.00 \times 141.61 = \$ 6797.28$  por mes.

El ahorro obtenido por mes será de:

$\$10875.68 - \$ 6797.28 = \$ 4078.00$  por mes lo que nos daría un ahorro anual de:  $\$4075.00 \times 12 = \$48,936.00$  anuales.

Oportunidad 3.

5.1.4.3 Disminución de consumo de energía eléctrica por aumento en la temperatura de la cámara de refrigeración.

Calculo:

Se tienen 2 compresores los cuales consumen 2.5 Kwh, para mantener la temperatura de 0°C, ambos trabajan el 90% del tiempo, por lo que si se trabajan 10 hrs diarias se tendría un consumo promedio de 45 Kwh por día y por 220 días anuales de operación nos daría un consumo de 9900 Kwh. Al hacer el cambio de temperatura de control el consumo se reduciría a la mitad con el solo hecho de parar un compresor, que sería suficiente para mantener esta nueva temperatura, lo que nos aportaría un ahorro de 4950 Kwh anuales.

Ahorro anual:  $4950 \text{ Kwh} \times 1.33 \text{ \$/Kwh} = \$ 6583.35$

Oportunidad 4

5.1.3.4.4 Disminución del consumo de gas LP.

El ahorro en este concepto, está dirigido a poder mantener la operación de la planta y a incrementar la capacidad de la misma, como se ha detallado con anterioridad, la caldera actual es prácticamente inoperante, las continuas interrupciones de la producción por falta de vapor, el riesgo continuo de seguridad por la exigencia de alta presión a la caldera que aunado a los



deficientes sistemas de protección de la misma, ponen en riesgo la seguridad del personal y de la planta misma.

Por lo anterior se recomienda y ya se había considerado por parte de la empresa, el cambio de la caldera por otra de mayor capacidad y mejor eficiencia.

De acuerdo a la capacidad de la planta se decide comprar una caldera nueva de la marca Clayton, con una capacidad nominal de 20 CV, la cual cumple con los requerimientos de producción de la planta, esta caldera es del tipo de tubos de agua, la cual la hace más segura y con una velocidad de producción de vapor de 5 minutos máximo, lo anterior nos ayuda a disminuir las purgas de agua, la pérdida de producción y calor. Esta caldera ya viene provista de su sistema de recolección de condensados y con su sistema de ablandamiento del agua.

Durante los días en que la planta no tuvo actividades para la instalación de la caldera, también se aprovecho para aislar las líneas de alimentación de vapor y retorno de condensados, se les metió calentamiento a las líneas de transferencia de producto, ya que este era un problema mayor para mantener la continuidad de la operación por las continuas obstrucciones de las líneas por baja temperatura, también se hizo un revisión del sistema de trampas de condensados y se colocaron algunas trampas que hacían falta y otras se reubicaron.

## Oportunidad 5

### 5.1.3.4.5 Disminución de consumo y facturación de agua.

Durante el diagnóstico de P+L fue necesario desarrollar un balance general de agua, para con éste desarrollar y evaluar las oportunidades de ahorro. Se realizaron las mediciones necesarias de todos aquellos consumos de agua contemplados en las oportunidades de ahorro presentadas en éste documento.

Tabla 6: Balance de Agua

Área	Consumo Promedio anual (m <sup>3</sup> )	Promedio consumo por día (litros)	Precio del agua (\$/m <sup>3</sup> )	Costo por área anual (\$)	Porcentaje del consumo sobre el total (%)
Regaderas	138	464	37.50	5220.00	19.6
WC	108	360	37.50	4050.00	15.20
Lavabos	30	100	37.50	1125.00	4.22
Caldera	72	240	37.50	2700.00	10.13
Purgas	216	720	37.50	8100.00	30.41
Lavado Utensilios	150	303	37.50	3412.50	12.81
Mingitorios	54	180	37.50	2025.00	7.60
TOTALES	768	2367	37.50	26632.50	100.00

Tabla 7: Consumo de agua actual por usuario

Accesorio	No. de accesorios	Flujo lpf	Tiempo/uso	Personas/anual	Consumo Anual(m <sup>3</sup> )	Precio agua	Costo anual (\$)
Regaderas	3	14.5	8 min	1200	138	37.50	5220.00
WC	6	6	3 día	6000	108	37.5	4050.00
Mingitorio	2	3	3 día	6000	54	37,5	2025.00
Purgas	8	60	1.5 día		216	37.5	8100.00
Caldera	1	100	1 día		72	37.5	2700.00
Lavabos	7	1	5 día	6000	30	37.5	1125.00
Lavado Utensilios	1				150	37.5	5625.00
Totales	27				768	37.5	26632.5

Se considera que solo 4 personas utilizan las regaderas al día laboral y se consideran 300 días laborales y un total de 20 personas laborando por 300 días.

Cálculo de disminución de consumo de agua con las acciones de P+L.

- El consumo mayor, se tiene en las purgas de condensados (30.41%), con la caldera actual este consumo se reduce en un 100%, ya que

solo se purga al arranque de la caldera, por lo que el consumo se reduce en 216 m<sup>3</sup>/año con una reducción económica de 8,100 \$/año.

- Otro consumo que ocupa el 19.6% es el de regaderas, aquí la acción sería reducir el flujo en la regadera de 14.5 l/min. a 7 l/min. con esto disminuye el consumo anual a 69 m<sup>3</sup>/año, y un ahorro de 69 m<sup>3</sup>/año y una reducción económica de  $69 \text{ m}^3/\text{año} * 37.5 \text{ \$/m}^3 = \$ 2,587.50$  por año.
- Disminución de costo por cambio de agua en pipas a consumo de agua de CEA.

Se tiene un consumo de agua de pipas de 64m<sup>3</sup> promedio mensual de este consumo teórico, solo se reciben 59.2 m<sup>3</sup>, por las mermas que se tienen (estas mermas equivalen a 4.8 m<sup>3</sup> mensuales ya que cada pipa en promedio deja de descargar 600 litros, debido a que la bomba no alcanza a absorber toda el agua y a desnivel en la descarga, etc.) si consideramos la compra de agua a la CEA, nada mas por comprar el agua real considerando las mermas de las pipas, nos saldría el m<sup>3</sup> a \$ 30.00 y nos daría un ahorro anual de \$4,788.00.

## Oportunidad 6

### 5.1.3.4.6 Reducción de residuos sólidos y grasa vegetal.

Costo de facturación de grasa vegetal cambiando el sistema actual por un sistema de manejo de grasa a granel en estado liquido.

Durante el proceso de pre evaluación de P+L, determinamos que el consumo de grasa vegetal por día, era de 4800 kg a capacidad máxima, lo que representa la generación de 192 cajas vacías de cartón y 192 bolsas de polietileno vacías e impregnadas con residuos de grasa.

Cálculo de la reducción anual de residuos sólidos.

Reducción de sólidos al eliminar las cajas de cartón y plástico donde viene empacada la grasa vegetal.

Tomando en cuenta las 192 cajas de grasa que se consumen diariamente y cada caja de cartón, con un peso promedio de 0.905 kg c/u representa una disminución anual de:

$$(192 \text{ cajas/día})(0.905 \text{ kg/caja})(250 \text{ días/año})= 44118 \text{ kg/año.}$$

De las bolsas de polietileno que traen las cajas en su interior, con un peso de 0.06 kg a razón de 192 bolsas por día, representan un peso total anual de:

$$(192 \text{ bolsas})(0.06 \text{ kg/bolsa})(250 \text{ días/año})=2880 \text{ kg}$$

Por otro lado las 192 bolsas de polietileno, que se llevan un peso promedio de grasa vegetal impregnado de 0.060 kg c/u representan una disminución anual de:

$$(192 \text{ bolsas/día})(0.060 \text{ kg/bolsa})(250 \text{ días/año})= 2,880 \text{ kg/año de pérdidas de grasa vegetal, que representan una pérdida económica de:}$$

$$(2,880 \text{ kg/año})(\$12.00/\text{kg})= 34,560.00 \text{ \$/año}$$

#### 5.1.5 Fase 5: Implementación y seguimiento de las acciones de P+L

Se implementaron las acciones, resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 8: Resumen de acciones efectuadas de P+L

Número	Oportunidades de producción más limpia.	Beneficios Ambientales	Ahorro Económico \$/anuales	Inversión	Tiempo de Recuperación de la Inversión.(años)
1	Disminución de la Demanda Máxima	NA	48930.00	0	inmediata
2	Disminución del	NA	50,664.00	10,975.00	0.216

	Factor de Potencia CFE				
3	Disminución Consumo Gas LP	Reducción de 24 ton/año CO <sub>2</sub>	30240.00	15,000.00	0.50
4	Disminución Kwh (consumo) sistema de refrigeración	Reducción de 25 ton/año CO <sub>2</sub>	15,012.00	0	Inmediata
5	Disminución consumo de agua	NA	7,488.00	0	inmediato
6	Optimización del uso y manejo de grasa vegetal.	1481 ton CO <sub>2</sub> dejadas de producir	1,238,880.00	300,000	0.22 años

#### 5.1.5.1 Monitoreo de las acciones P+L

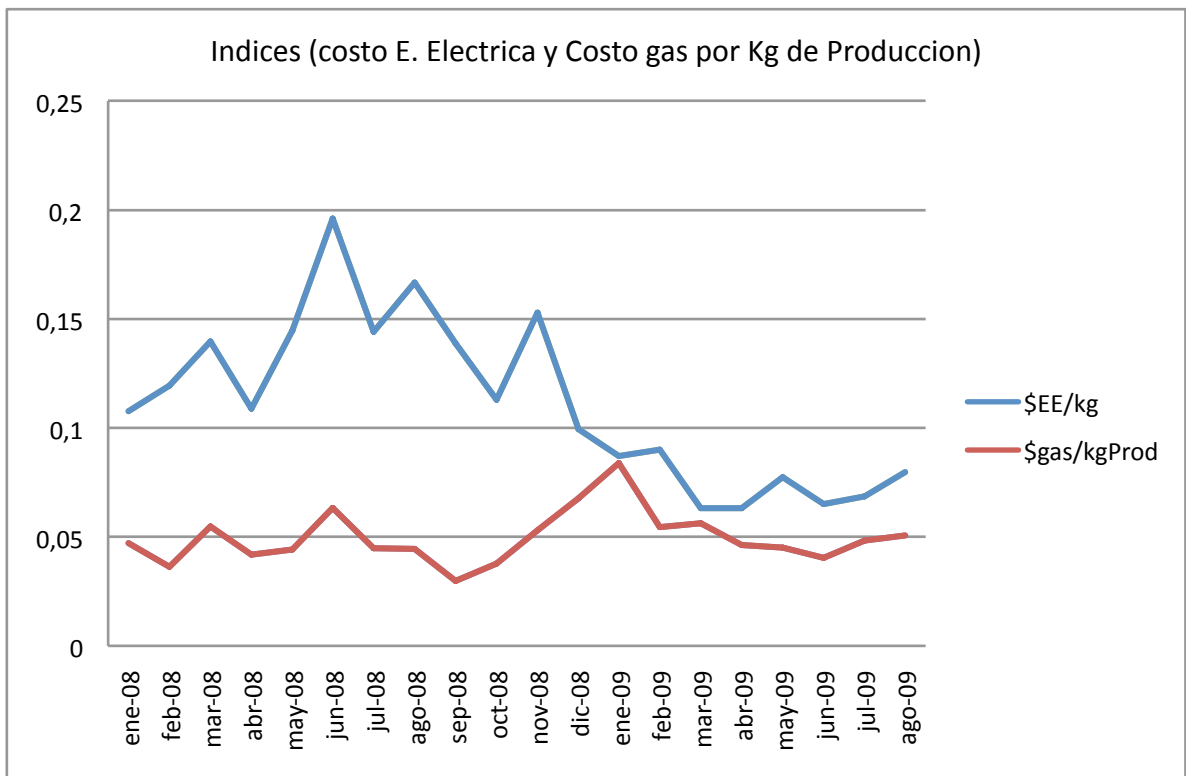
Para dar un seguimiento a la eficacia de las acciones implementadas se definieron los siguientes índices y medidas de control.

#### 5.1.5.2. Índices energéticos

En la Tabla siguiente se presenta la información de la producción al igual que el índice energético por consumo de energía eléctrica y por consumo de Gas LP a lo largo de 2008 y 2009. Para obtener el índice energético se requiere la información del consumo de energía, eléctrica o térmica, y la información de producción. El índice energético se calcula como:

Índice Energético = Consumo de Energía, Térmica o Eléctrica (Kwh o Kcal)/ Producción (kg).

Fig. 7: Costo energía eléctrica vs kg de producción.



Los consumos de energía térmica y eléctrica asociados a cada producto se pueden obtener calculando las horas efectivas de trabajo que se requieren para su elaboración, el consumo de combustible estimando las horas de operación de la caldera y la carga instalada en equipos electromotrices (Kw) por las horas de operación. Esto permitirá obtener un perfil histórico de los índices y en caso de presentarse variaciones importantes, corregir las posibles fallas para mantener este valor lo más bajo posible

## VI. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Tabla 9: Ahorro energía al bajar el factor de potencia.

Concepto	Pago anual
Reducción Cargo por bajo Factor de potencia.	\$50,664.00
Ahorro en costos, anual	\$50,664.00

Inversión	\$10,975.00
PSRL	0.216 años

Ahorro en el costo de energía eléctrica por eliminación del pago por bajo factor de potencia, si consideramos un pago promedio mensual de \$4222.00 por 12 meses el pago por bajo factor de potencia sería de 50,664.00 \$/año, por tener un factor de potencia del 90%.

Con la inversión del capacitor de 20 KVAR cuyo costo es de \$ 7975.00 y otro capacitor de \$3,000.00. El Retorno de la inversión será:  $\$10,975.00/\$50,664.00=0.216$  años.

Tabla 10: Ahorro de energía eléctrica por reducción de la demanda máxima.

Concepto	Pago anual
Reducción Cargo Demanda Máxima.	\$48,936.00
Ahorro en costos	\$48,936.00
Inversión	Ninguna
PSRL	0

Ahorro en el costo de energía eléctrica por disminución del costo por demanda máxima 48,936.00 \$/año Inversión Ninguna. Retorno de la inversión: Inmediata.

Tabla 11: Ahorro de energía eléctrica por cambio de temperatura en cámara de refrigeración.

Concepto	

Reducción consumo energía al subir temperatura cámara refrigeración de 0 a 18°C	4950 Kwh
Ahorro en costos	\$6583.35
Inversión	0
Disminución ton CO <sub>2</sub>	25 ton
PSRL	Ninguno

Tabla 12: Comparativa de antes y después de las acciones de P+L.

Fecha	Demanda KW	Consumo KWH	Cargo bajo FP por	FP%	Facturación \$
Ene-08	74	9969	4349.99	71.98	27686
Feb-08	70	10121	4283.56	72.09	28915
Mar-08	70	10046	4265.24	89.42	26749
Abr-08	84	10045	4527.43	77.75	29260
May-08	77	10070	4452.32	79.71	29522
Jun-08					
Jul-08	80	7920	4004.98	70	29294
Ago-08	80	8240	4183.12	69.69	31717
Sep-08	80	6720	3711.95	69.46	30613
Oct-08	80	8640	4180.79	68.46	33113
Nov-08	80	10080	4268.7	68.46	37550
Promedio	77.5	9185	4222.00	73.70	30461
Dic-08	48	6400	598.16	84.32	19129
Ene-09	48	7120		88.6	17251
Feb-09	48	8000	174.62	88.38	19740
Mar-09	48	8320		88.75	18103
Abr-09	48	6800	226.44	88.75	16663
Promedio	48	7326		87.76	18177

Tabla 13: Facturación Gas 2008 y 2009

Mes	Año	Consumo Litros	Costo Promedio por Litro (\$) pesos	Costo mensual (\$) pesos
Enero	2008	2573	5.00	12865.00



Febrero	2008	2422	5.00	12110.00
Marzo	2008	1919	5.00	9596.00
Abril	2008	2689	5.00	13446.00
Mayo	2008	2042	5.00	10211.00
Junio	2008	1507	5.00	7537.00
Julio	2008	2059	5.00	10296.00
Agosto	2008	1902	5.00	9512.00
Sep.	2008	2224	5.00	11119.00
Octubre	2008	2931	5.00	14659.00
Noviembre	2008	2517	5.00	12585.00
<b>TOTAL</b>		<b>24785</b>		<b>123925.00</b>
<b>Promedio</b>		<b>2553</b>	<b>5.00</b>	<b>11265.00</b>
Diciembre	2008	2608	5.00	13040.00
Enero	2009	3327	5.00	16635.00*
Febrero	2009	2392	5.00	11960.00
Marzo	2009	3221	5.00	16105.00*
Abril	2009	2435	5.00	12175.00
<b>TOTAL</b>		<b>13983</b>	<b>5.00</b>	<b>69945.00</b>
<b>Promedio</b>		<b>2796</b>	<b>5.00</b>	<b>13989.00</b>

\* El alto consumo del mes de Enero es debido al arranque de la caldera (pruebas, cambio de agua, etc.) y el alto consumo del mes de marzo es por incremento de la presión del vapor en la caldera, misma que se bajo a principios de abril, sin afectar la transferencia de calor y con un consumo muy estable, que es el esperado, para el nivel de producción que se maneja en este momento.

Tabla 14: Ahorro consumo de agua con cambio a CEA

Mes facturado	Año	Consumo Pipas (m <sup>3</sup> )	Merm a (m <sup>3</sup> )	Consumo CEA (m <sup>3</sup> )	Costo m <sup>3</sup> pipas (\$)	Costo m <sup>3</sup> CEA (\$)	Costo Pipas (\$ pesos)	Costo CEA (\$ pesos)	Ahorro Anual (\$ pesos)
Diciembre	2007	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Enero	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Febrero	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Marzo	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Abril	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624

Mayo	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Junio	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Julio	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Agosto	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Sep.	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Octubre	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
Nov.	2008	64	4.8	59.2	37.5	30	2400	1776	624
<b>Total Anual</b>		<b>768</b>	<b>57.6</b>	<b>710.4</b>	<b>37.50</b>	<b>30.00</b>	<b>28,800</b>	<b>21312</b>	<b>7488</b>

Reducción total de sólidos anuales=49,950 kg

Reducción de costos por compra de grasa vegetal a granel.

Al comprar la grasa a granel disminuye el costo, debido a que el proveedor se ahorra el costo del empaque y del empaque mismo, por lo que si consideramos que se tenga una reducción en el precio de compra de \$1.00 por kg (aproximado) esto repercutiría en un ahorro anual de:

$$(4800 \text{ Kg/día})(250 \text{ días/año})(\$1.00/\text{kg})=1, 200,000.00 \text{ \$/año de ahorro.}^*$$

\*Sin considerar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera por la fabricación de las cajas y el ahorro del consumo de agua para la producción de papel..

Otros beneficios:

Reducción de costos de calidad y de riesgos de seguridad por cambio de método de operación de adición de la grasa vegetal a los equipos.

Al cambio de uso de grasa vegetal a través de manejo a granel en lugar de manejo en cajas, posiblemente no se tenga una disminución en la mano de obra, pero si hay una mejora en la calidad del producto por la uniformidad de la adición de la materia prima y una notable disminución en los riesgos de seguridad de las personas y las instalaciones, ya que se deja de medir "aproximadamente" y además se elimina el riesgo por caídas y quemaduras de las personas al dejar de transportar en cubetas abiertas.

Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al dejar de producirse 44,118 kg de cartón.

Por cada tonelada de cartón que se produce se requieren 7,600 Kwh de energía.

$$(44.118 \text{ ton})(7600 \text{ Kwh/ton})=335,297 \text{ Kwh}$$

Ton CO<sub>2</sub> dejadas de producir:

$$335,297 \text{ Kwh}/195 \text{ ton CO}_2/\text{Kwh}=1,720 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

Agua dejada de utilizarse: Por cada 3 toneladas de cartón producidas se consumen 1000 litros de agua:

$$(44 \text{ ton}/3)*1000=14666 \text{ litros de agua dejados de consumirse.}$$

Tabla 15: Ahorro por manejo grasa vegetal a granel.

Concepto	Ahorro \$/año	CO <sub>2</sub> dejado de producir	Inversión \$	PSRL años
Compra grasa vegetal a granel	1,200,000.00		300,000.00	0.25
Eliminación mermas grasa vegetal	38,880.00		La misma anterior	
Disminución de CO <sub>2</sub> ton		1481		
Total	1,238,880.00		300,000.00	0.22

PSRL= Periodo retorno de la inversión.

## VII CONCLUSIONES

La aplicación de la estrategia de P+L en Chocolates Procali del Centro S.A. de C.V. resultó en el ahorro de \$1,497,900.00 pesos en los 6 meses posteriores a su implementación. Ese ahorro se debió a una reducción en el

consumo de energía eléctrica, reducción de consumo de vapor, reducción consumo de agua, optimización de la operación y cambio en el manejo de materiales. Además, se mejoró la calidad y la productividad al trabajar eficientemente la caldera, teniendo mayor margen de operación y eliminando por el momento las jornadas de los sábados. La implementación del proyecto de Producción más Limpia promovió un plan de manejo de residuos peligrosos y contaminación atmosférica al dejar de emitir al aire ton CO<sub>2</sub> equivalentes ambientalmente efectivo y económicamente viable.

Chocolates Procali mejoró su desempeño ambiental reduciendo los riesgos sobre sus empleados e instalaciones, dejando a un lado el enfoque de dar soluciones al final del proceso.

En la siguiente figura se presentan las curvas de consumo de energía térmica y producción para 2008-2009 (podemos observar el cambio de productividad a partir del mes de noviembre de 2008, que se iniciaron los cambios).

Figura 8 Producción mensual y consumo mensual de gas

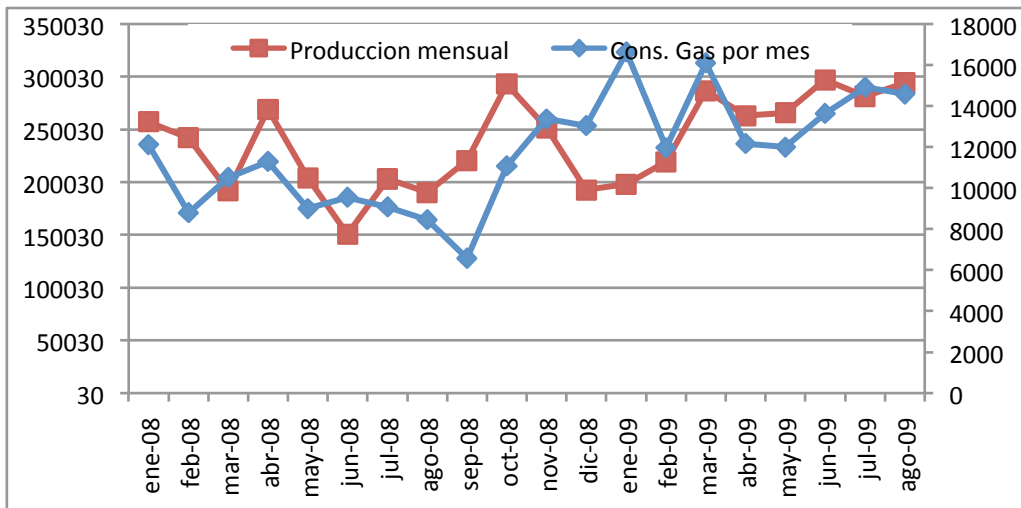
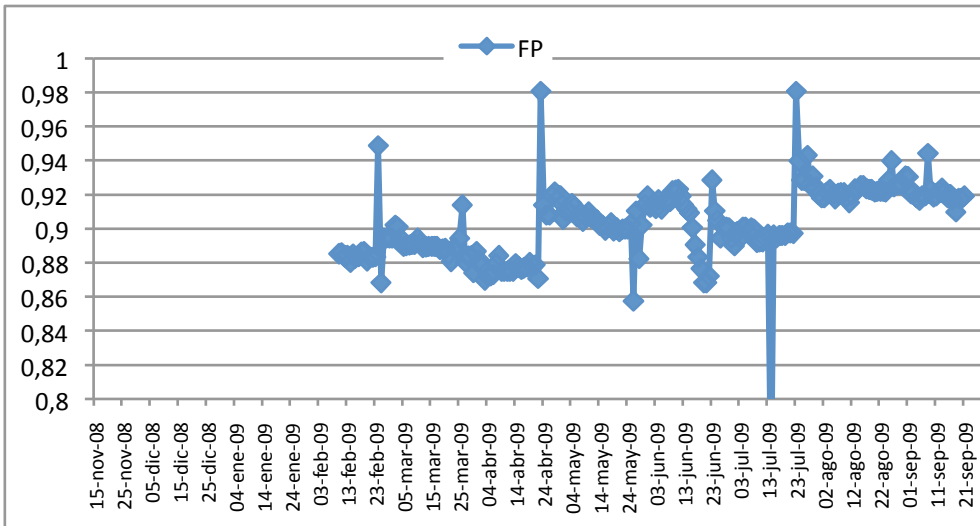
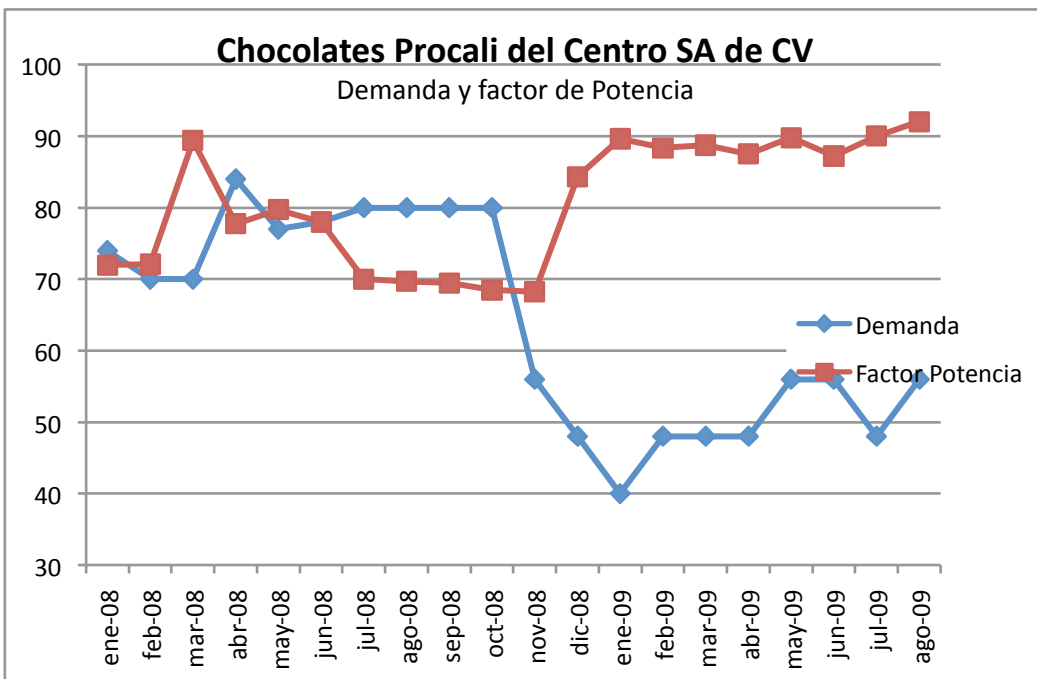


Figura 9: Factor de potencia



Se observan los cambios en el factor de potencia obtenidos con las diferentes acciones efectuadas sobre todo en la instalación de capacitores, de tener un factor de potencia de valores de 0.70, en donde se tenía que pagar a CFE por este concepto un 20% de la factura (de 6 a 8000.00 \$/mes), en el último mes hemos recibido bonificaciones por tener el factor de potencia arriba del 90%.

Figura 10: Cambios en la demanda y factor de potencia.



Se observa el cambio en la demanda y el factor de potencia, desde el mes de enero de 2008 hasta el mes de agosto del 2009, estos beneficios se reflejan en la facturación y en la disminución de gases de efecto invernadero dejados de enviar a la atmosfera.

#### Recomendaciones Generales:

a. Con la finalidad de contribuir a reducir el impacto ambiental que estos residuos ocasionan, en la planta se deberá reforzar su compromiso con la comunidad y fomentar una conciencia ambiental realizando acciones concretas que contribuyan a reducir la generación de residuos a través de un programa de gestión Integral de residuos.

a. A continuación se plantean algunos de los objetivos de este programa y algunos objetivos estratégicos:

- Crear una conciencia ecológica y un hábito de reducción y reutilización de desechos sólidos en la planta, fortaleciendo los aspectos de cultura y educación integral.
- Que los empleados a todos los niveles realicen acciones afectivas que contribuyan a reducir el deterioro ambiental.
- Demostrar a la comunidad que la participación integral es más fácil, efectiva y necesaria de lo que actualmente la sociedad percibe.
- Fortalecer los esquemas de promoción dentro de la planta para el aprovechamiento de los desechos sólidos generados en el mismo.
- Realizar una operación sistematizada de recopilación de papel y plástico e incrementar progresivamente la cantidad de material reciclable.

- Desarrollar proyectos que contribuyan a la mejora continua de la recuperación de desechos sólidos y darles continuidad a los mismos.
- Consolidar las estrategias de planeación para el control, seguimiento y evaluación de los avances del programa de Recuperación de Desechos Sólidos.
- Fortalecer la vinculación de los programas de Gestión Integral de Residuos y centros de acopio.

#### b. Mejores Prácticas de Operación.

En la actualidad las buenas prácticas ambientales más que un atributo, son un elemento de competitividad, que le permite al productor diferenciar su producto de los demás existentes en el mercado, con todas las implicaciones económicas que ello supone (mejores precios, mayores ventas, mayor consolidación en el mercado). Las buenas prácticas ambientales constituyen una útil herramienta que permite alcanzar los hitos marcados por el desarrollo sostenible.

Una definición de las buenas prácticas ambientales, concreta y descriptiva, es la elaborada y dada por la FAO, que se resume en la siguiente: “Las Buenas Prácticas consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que procuran la viabilidad económica y la estabilidad social”.

Desde una perspectiva más moderna y conceptual, las buenas prácticas ambientales intentan corregir las “externalidades” del proceso productivo, es decir los daños colaterales que ocasionan dichos procesos productivos sobre el

suelo, el agua, la atmósfera y demás aspectos ambientales relacionados con la actividad, consiguiéndose con ello no sólo el cumplimiento de la normativa ambiental, sino la consecución incluso de ahorro de costes para las empresas que deciden implantarla.

La preparación transformación, fabricación, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y la venta o suministro de productos alimenticios se realizará de manera higiénica.

- Crear el puesto de responsable medioambiental dentro de la empresa.
- Establecer una política medioambiental definiendo los objetivos y metas establecidos para cumplirla.
- Identificar las acciones y los recursos necesarios para alcanzar las metas descritas en la política medio ambiental.
- Establecer objetivos medibles y controlables.
- Comunicar la política medioambiental de la empresa a todo el personal.
- Establecer indicadores medioambientales que permitan conocer en todo momento la situación de la empresa.

Realizar evaluaciones periódicas para conocer la situación medioambiental de la empresa, siendo estos resultados la base del diseño de planes de mejora continua que permitan corregir las deficiencias del sistema productivo. El plan de mejora continua debe comprender las siguientes fases:

- Determinación de los problemas claves en los procesos o actividades existentes y definición de las medidas correctoras.
- Aplicación del plan.



- Evaluación del funcionamiento del plan.
- Modificación adecuada del proceso previo
- Actualización de la normativa aplicable en materia de residuos, vertidos, aguas, energía, seguridad alimentaria y demás normativa ambiental que afecten a la empresa.
- Apostar por el medio ambiente como un factor de competitividad empresarial.
- Realizar campañas de información y formación entre los empleados para el ahorro energético, donde se explique a los trabajadores los sistemas de ahorro de energía.
- Realizar controles y auditorias del sistema eléctrico para optimizar el consumo.
- Realizar mantenimientos periódicos de la instalación eléctrica de la empresa. De esta forma se evitarán los sobrecalentamientos y sobrecargas de la red y, como consecuencia de ello, las roturas de máquinas de producción, cámaras de refrigeración y congelación y de cortocircuitos, así como el riesgo de incendio.
- Utilizar sensores de presencia para el sistema de iluminación de zonas de paso, servicios, vestuarios, etc.
- Si se dispone de tubos fluorescentes en las instalaciones no los encienda y apague con frecuencia ya que su mayor consumo se produce al encenderlos.
- Instalar interruptores de apagado automático.

- Instalar interruptores divididos por zonas de estancia para encender solamente las luces que sean necesarias.
- Realizar el análisis de los procedimientos operacionales y de mantenimiento para poder detectar los puntos críticos, realizando cambios en los procesos productivos y en las materias primas utilizada si ello fuera necesario.
- Programar adecuadamente la producción para reducir la limpieza de los equipos empleados.
- Analizar los riesgos medioambientales del proceso productivo. Se trata de una buena forma de evitar posibles daños producidos por accidentes como incendios, derrames, inundaciones, etc.
- Situar de forma visible en las instalaciones o tener a disposición de los trabajadores información actualizada sobre los métodos y sustancias que sean respetuosas con el medio ambiente y minimicen la generación de residuos.
- Presentar las superficies de trabajo lisas y fáciles de limpiar, y disponer de orificios que permitan la evacuación de las aguas de lavado.
- Posibilitar la puesta en práctica de mecanismos que aseguren una correcta limpieza de las instalaciones y una menor agresión sobre el medio ambiente.
- Mejorar los procedimientos y mecanismos de limpieza para minimizar los residuos.

- Los productos de limpieza a utilizar serán poco contaminantes y respetuosos con el medio ambiente debiendo estar de acuerdo con las disposiciones normativas vigentes.
- Leer las etiquetas de los productos de limpieza para realizar correctamente su manipulación y conocer su contenido, así como los riesgos tóxicos que se deriven de los mismos.
- Comprobar la existencia de fichas técnicas de los productos de limpieza donde se recojan las condiciones de eliminación de los residuos, tratamiento de intoxicaciones, etc.
- Utilizar material de oficina fabricado con materiales reciclados o biodegradables.
- Emplear envases de un tamaño adecuado, fabricados con materiales reciclados, biodegradables y que puedan ser restituidos.
- Estudiar la posibilidad de devolver las materias primas caducadas al proveedor.
- Realizar una separación selectiva de los residuos que se generan, permitiendo una correcta gestión de los mismos.
- Emplear, siempre que sea posible, los restos orgánicos, una de las principales fracciones de los residuos generados en la industria alimentaria, para alimentación de animales y/o elaboración de fertilizantes orgánicos.
- Aplicar la conducta de las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar.

- Reducir al mínimo la generación de residuos, realizando para ello un consumo sostenible de los productos necesarios para el desarrollo de su actividad.
- Reducir los tiempos de almacenamiento de los productos y materias primas.
- Utilizar para el empaquetado un sistema que permita la devolución o adherirse a un Sistema Integrado de Gestión, como es el punto verde.
- Entregar los residuos peligrosos a un Gestor Autorizado.
- Etiquetar de modo correcto las materias primas, los productos y residuos del proceso productivo.
- No utilizar para la congelación o refrigeración gases con fluorocarbonos como el freón.
- Emplear hornos y calderas con bajo poder de contaminación atmosférica.
- Almacenar correctamente los tubos fluorescentes ya que su rotura puede emitir algunas cantidades de argón y mercurio.
- Utilizar la carga térmica de los gases que se originan durante la combustión en otras zonas de las instalaciones en las que sea necesaria energía calorífica.
- Utilizar combustibles menos contaminantes: el gas natural o el propano son mejores desde el punto de vista medioambiental que gasoil.

- Siempre que sea posible el trabajo del horno debe ser continuo, además es importante mantener la hermeticidad que evite la entrada de aire, que provocarían una disminución de temperatura en la llama.
- c. Recomendaciones específicas:
- Apagar la Caldera cuando no vaya a haber consumo de vapor por periodos de 30 minutos o más.
  - Llevar un control a pie de máquina de las variables más importantes.
  - No mezclar el desperdicio generado por área con basura y pesarlo después de cada turno.
  - Evitar en todo momento de hacer desperdicio lo que se puede recuperar y reciclar.
  - Limpiar su máquina constantemente al igual que su área de trabajo
  - Uniformizar siempre todas sus operaciones.
  - Realizar campañas de información y formación entre los empleados para el ahorro energético, donde se le explique a los trabajadores los sistemas de ahorro de energía.
  - Realizar controles y auditorias del sistema eléctrico para optimizar el consumo.
  - Realizar mantenimientos periódicos de la instalación eléctrica de la empresa. De esta forma se evitarán los sobrecalentamientos y sobrecargas de la red y, como consecuencia de ello, las roturas de máquinas de producción, cámaras de refrigeración y congelación y de cortocircuitos, así como el riesgo de incendio.
  - Llevar un control de residuos sólidos anotando los kg de residuos por día y el tipo de residuo.

- Como parte del diagnóstico de P+L también se evaluó la generación, manejo y disposición de residuos no peligrosos.
- Chocolates Procali del Centro produce en promedio 200 Kg. por día de basura (residuos no peligrosos) que va desde cajas de cartón, bolsas de papel, plástico, costales de rafia de polipropileno con restos de algunas materias primas (azúcar, cocoa, fécula, sal, etc.), sólidos de chocolate barrido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berkel, V. R. Willems. E. y Lafleur M. Development of an Industrial ecology toolbox CNUMA, 1992. Conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y desarrollo.
- Christie, I., y Rolfe, H., 1995. Cleaner Production in Industry. Editorial PSI (policy studies institute), London: 39-53, 55-69.
- CPTS, 2003. Centro de promoción de tecnologías sostenibles. Guía técnica de producción más limpia para Cutiembres. Cámara Nacional de Industrias, Bolivia: 1,4-8.
- Fiksel, J., 1997. Ingeniería de diseño medioambiental, DFE, desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. Editorial McGraw-Hill (Interamericana de España, S.A., Madrid, España: 7-18.
- Gutowski, T., Murphy, C., Allen, D., Bauer, D., Bras, B., Piwonta, T., Sheng, P., Sutherland, J., Thurson, D., y Wolff, G., 2003. Environmentally benign manufacturing: Observations from Japan, Europe and United States. *Rev. Journal of Cleaner Production*: Vol. 13: 1-17.
- Hirshorn, P., y Oldenburg, G, 1991. Clean production in context: an information infrastructure perspective. *Rev. Journal of Cleaner Production*: Vol. 11: 635-642.
- PNUMA, 1990 Programa de la naciones unidas sobre el medio ambiente.
- Staff, M.H.E., Aunan, K., Fang, J., Martin, S. H., Magne, S. J., y Vennemo, H., 2003. Cleaner production as climate investment-integrated assessment in Taiwan City, China. *Rev. Journal of Cleaner Production*: Vol. 13: 57-70.
- UNEP, 1989. Naciones Unidas para la Protección del Ambiente.
- USEPA, 1990. Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de

Norteamérica

Van Weenen, E., 1990. Clean production in context: an information infrastructure perspective. *Rev. Journal of Cleaner Production*: Vol. 12: 833-839.

Zackrisson, M., 2003. Environmental aspects when manufacturing products mainly out of metals and/or polymers. *Rev Journal of Cleaner Production*: Vol 13: 43-49.