



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

**ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS**

**Berner Ulises Cifuentes Arizandieta**

Asesorado por el Ing. Herberth Leonel Cortez Vanegas

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BERNER ULISES CIFUENTES ARIZANDIETA**

ASESORADO POR ING. HERBERTH LEONEL CORTEZ VANEGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de noviembre de 2010.

  
**Berner Ulises Cifuentes Arizandieta**



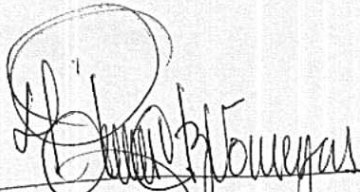
Guatemala, 15 mayo 2013

Ingeniero César Ernesto Urquizu Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Estimado Ing. Urquizu

Reciba un atento saludo, por este medio hago de su conocimiento que tuve a bien revisar el trabajo de graduación titulado ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS del estudiante universitario BERNER ULISES CIFUENTES ARIZANDIETA con número de carné 9418182 y después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrado que cumple con los objetivos planteados y además se ajusta al contenido propuesto, procediendo por esta vía a su aprobación final.

Atentamente,



Ing. Herberth Leonel Cortez Vanegas  
Colegiado No. 4831

*Herberth Leonel Cortez Vanegas*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4831



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.060.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN UNA FABRICA DE GALLETAS**, presentado por el estudiante universitario **Berner Ulises Cifuentes Arizandieta**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Nora Leonor Elizabeth García Tobar*  
*Ingeniera Industrial*  
*Colegiado No. 8121*

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2014.

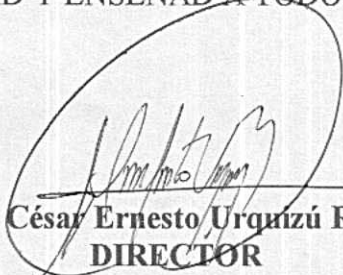
/mgp





El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS**, presentado por el estudiante universitario **Berner Ulises Cifuentes Arizandieta**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA FÁBRICA DE GALLETAS**, presentado por el estudiante universitario: **Berner Ulises Cifuentes Arizandieta** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Pajón Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2014



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme la vida para ver realizado este sueño.
<b>Mis padres</b>	Roberto Cifuentes y Ana Elisa Arizandieta, gracias por todo su esfuerzo y amor.
<b>Mi esposa</b>	Marta Yolanda Monzón, mi compañera incondicional, este logro es de los dos.
<b>Mi hija</b>	Ana Emilia, la inspiración de mi vida.
<b>Mis hermanas</b>	Johana y Wendy Cifuentes, por su cariño y tantos buenos recuerdos.
<b>Mis sobrinos</b>	Natalia, Adriana, Luis David y José Miguel, les deseo lo mejor del mundo.

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **Facultad de Ingeniería**

En especial a todos los catedráticos que día a día, aportan su conocimiento para la formación de nuevos profesionales.

### **Ing. Herberth Cortéz**

Por brindarme su tiempo, experiencia y consejos para lograr culminar este trabajo.

### **Mis amigos**

Pablo Mazariegos, Edgar Xulú, Marvin Asencio, Glenda Ortiz, su amistad, apoyo y ejemplo han sido fundamentales para alcanzar esta meta.



## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Misión .....	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Organización.....	2
1.5. Conceptos generales.....	3
1.5.1. Medioambiente .....	4
1.5.2. Contaminación .....	4
1.5.3. Tratamiento de residuos al final del proceso .....	6
1.5.4. Prevención de la contaminación .....	7
1.5.5. Desarrollo sostenible .....	7
1.5.6. Recuperación, reciclaje y reutilización .....	8
1.5.7. Eficiencia energética.....	10
1.5.8. Operación unitaria.....	10
1.6. Legislación ambiental .....	12
1.6.1. Organismos públicos a nivel nacional encargados de la Gestión Ambiental .....	12

1.6.2.	Ley de protección y mejoramiento del medioambiente .....	13
1.6.3.	Evaluación de impacto ambiental .....	14
1.6.4.	Competencias para la gestión ambiental a nivel local o municipal.....	15
1.6.5.	Legislación para la protección y gestión de los recursos hídricos .....	16
1.6.6.	Legislación para el manejo de desechos y residuos sólidos.....	17
1.6.7.	Código de Salud.....	18
2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL .....	19
2.1.	Descripción de materiales .....	19
2.1.1.	Materias primas .....	19
2.1.1.1.	Macroingredientes .....	19
2.1.1.2.	Microingredientes .....	21
2.1.2.	Materiales de empaque .....	22
2.2.	Descripción general del proceso de fabricación .....	23
2.2.1.	Diagrama de operaciones de galletas rellenas.....	29
2.2.2.	Diagrama de operaciones para las galletas Crackers.....	31
2.2.3.	Procesos auxiliares .....	32
2.2.3.1.	Recepción, almacenaje y traslado de materia prima y materiales a planta de producción.....	32
2.2.3.2.	Molienda de azúcar .....	32
2.2.3.3.	Limpieza .....	34
2.2.3.4.	Generación de aire comprimido .....	35
2.2.3.5.	Mantenimiento.....	37
2.2.3.6.	Control de calidad .....	37



2.3.	Manejo de combustibles .....	38
2.3.1.	Gas propano .....	38
2.3.2.	Diésel .....	39
2.4.	Energía eléctrica.....	39
2.5.	Manejo del agua .....	41
2.6.	Manejo de desechos líquidos y sólidos .....	41
2.7.	Implementaciones para la eficiencia energética y prevención de la contaminación ejecutadas por la empresa .....	43
3.	PROPUESTA .....	45
3.1.	Cuestionario para generar diagnóstico de Producción más Limpia .....	45
3.2.	Evaluación de los procesos de producción.....	45
3.2.1.	Esquematización de operaciones unitarias.....	47
3.2.2.	Criterios para la identificación de operaciones unitarias críticas.....	48
3.2.3.	Estudio de operaciones unitarias críticas.....	49
3.2.3.1.	Ingreso de insumos .....	50
3.2.3.2.	Medición de salidas .....	50
3.2.3.3.	Balance de masa .....	54
4.	IMPLEMENTACIÓN .....	61
4.1.	Evaluación de los resultados del cuestionario de diagnóstico de Producción más Limpia aplicado a la fábrica de galletas .....	61
4.2.	Descripción de operaciones unitarias principales .....	62
4.2.1.	Esquematización de operaciones críticas determinadas .....	62
4.2.2.	Aplicación de balance de masas a las operaciones definidas.....	68
4.2.2.1.	Molienda de azúcar .....	69

	4.2.2.2.	Preparación de azúcar invertido .....	72
	4.2.2.3.	Balance de masa y energía del proceso de horneado de producto.....	79
4.3		Identificación de oportunidades de Producción más Limpia, factibles de implementar en las operaciones definidas .....	85
	4.3.1.	Molienda de azúcar .....	85
	4.3.2.	Proceso de preparación de azúcar invertido .....	86
	4.3.3.	Mejoras en el proceso de horneado .....	89
4.4.		Análisis del manejo de agua en la planta de producción.....	92
	4.4.1.	Cuantificación del consumo de agua en volumen y costo.....	93
	4.4.2.	Análisis de la calidad y cantidad de agua residual de la planta de producción .....	94
	4.4.3.	Cualificación del agua de descarga de la planta .....	95
	4.4.4.	Generación de opciones de mejora en el manejo del agua.....	96
	4.4.4.1.	En las operaciones de limpieza de equipo y edificios .....	96
	4.4.4.2.	En las estaciones de lavado de manos.....	97
4.5.		Análisis del uso de aire comprimido .....	98
	4.5.1.	Cálculo teórico del consumo energético por la generación de aire comprimido .....	98
	4.5.2.	Comparación teórica de costo de energía para generar aire comprimido con volumen de producción... ..	99
	4.5.3.	Propuestas para medición real de energía utilizada en generación de aire comprimido .....	101
5.		MEJORA CONTINUA .....	103



5.1.	Propuesta de indicadores de desempeño .....	103
5.1.1.	Para medir la eficiencia en el uso de la energía eléctrica .....	103
5.1.2.	Para medir la productividad de los combustibles....	107
5.1.3.	Para medir el manejo del agua .....	109
5.1.3.1.	En relación con las características del agua de descarga .....	109
5.1.3.2.	En función de la cantidad de agua consumida .....	110
5.1.4.	Para medir la eficiencia en el uso de aire comprimido .....	111
6.	MEDIOAMBIENTE .....	113
6.1.	Principales problemas ambientales en Guatemala.....	113
6.1.1.	Manejo de desechos sólidos.....	114
6.1.2.	Contaminación del agua .....	117
6.1.3.	Contaminación del aire .....	119
6.1.4.	Deforestación.....	121
6.2.	Medidas para mitigar los problemas ambientales.....	123
6.2.1.	Reducción de desechos sólidos .....	123
6.2.2.	Reducción de la contaminación del agua .....	124
6.2.3.	Mejoramiento de la calidad del aire .....	125
6.2.4.	Reducción de la deforestación.....	126
	CONCLUSIONES .....	129
	RECOMENDACIONES .....	135
	BIBLIOGRAFÍA.....	137
	APÉNDICES .....	139
	ANEXOS.....	143



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama del Departamento de Manufactura .....	3
2.	Ciclo de la gestión integral del residuo o logística inversa .....	9
3.	Ejemplo de diagrama para ilustrar una operación unitaria .....	11
4.	Mezcladora de aspas verticales .....	24
5.	Mezcladora de aspas horizontales sigma .....	25
6.	Esquema de moldeadora rotativa .....	26
7.	Esquema de laminador vertical para galletas Crackers .....	27
8.	Estiba de producto terminado antes de ir a bodega .....	29
9.	Diagrama de operaciones para galletas rellenas .....	30
10.	Diagrama de operaciones de galletas Crackers.....	31
11.	Sistema de molienda de azúcar .....	33
12.	Sistema de producción de aire comprimido .....	36
13.	Diagrama de almacenamiento y bombeo de diésel .....	40
14.	Diagrama de bloques del proceso de mezclado de galletas .....	47
15.	Entradas y salidas de energía en una operación unitaria.....	57
16.	Diagrama molienda de azúcar .....	63
17.	Diagrama de preparación de ingredientes .....	64
18.	Diagrama de bloques para preparación de azúcar invertida .....	65
19.	Diagrama de bloques para proceso de producción de galletas.....	66
20.	Diagrama de bloques de proceso de empaque de las galletas .....	68
21.	Amperímetro de gancho.....	71
22.	Relación de la energía de entrada y energía de salida .....	80



## TABLAS





I.	Cuestionario de diagnóstico de Producción más Limpia .....	46
II.	Balance de masa de la molienda de azúcar .....	69
III.	Registro de consumo de energía eléctrica por cada molino .....	70
IV.	Cálculo teórico del consumo de energía de cada molino .....	71
V.	Condiciones del método actual de preparación de azúcar invertido .....	72
VI.	Balance de masa del proceso de azúcar invertido .....	73
VII.	Tiempos del proceso de preparación de azúcar invertido .....	74
VIII.	Balance de Energía del proceso de preparación de azúcar invertido .....	78
IX.	Balance de masa del proceso de horneado .....	79
X.	Poder calorífico de gas LP y diésel en kcal y BTU .....	80
XI.	Resumen de producción mensual y consumo de combustible .....	81
XII.	Valores esperados en el análisis de gases de combustión .....	84
XIII.	Balance de energía de horno de gas LP .....	84
XIV.	Balance de energía del proceso de preparación de azúcar invertido al implementar los cambios.....	88
XV.	Comparación entre el método actual y el propuesto para la preparación de azúcar invertida.....	88
XVI.	Interpretación de los resultados del análisis de combustión .....	91
XVII.	Consumo de agua en el proceso de mezclado.....	93
XVIII.	Clasificación de los usos del agua.....	95
XIX.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales ....	96
XX.	Consumo energético teórico por generación de aire comprimido.....	99
XXI.	Producción semanal promedio en toneladas métricas .....	100
XXII.	Formato para monitorear el consumo de combustible.....	108
XXIII.	Registro de monitoreo del sistema de suministro de agua .....	110
XXIV.	Formato de control de horas de funcionamiento de compresores ..	112


XXV.	Formas de disposición de la basura.....	115
XXVI.	Principales GEI emitidos en Guatemala 1990.....	120





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Actividad en un diagrama de flujo
	Actividad en un diagrama de operaciones
HP	Caballos de Fuerza
	Compresor
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
US\$	Dólares estadounidenses
FP	Factor de potencia
°C	Grados Celsius
	Inspección en un diagrama de operaciones
Kg.	Kilogramos
kVA	Kilo-voltio amperio
KW	Kilovatios hora
KWH	Libras por pulgada cuadrada de presión
PSI	Libras por pulgada cuadrada de presión
CO	Monóxido de carbono
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
NMP	Número más probable

O <sub>2</sub>	Oxígeno
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de hidrógeno (medida de acidez)
	Secador de aire
Kcal	Unidad de energía del Sistema Técnico
BTU	Unidad de energía inglesa

## GLOSARIO

<b>Aislante térmico</b>	Material que impide la transmisión de energía térmica.
<b>Atomizador</b>	Utensilio empleado para pulverizar algún tipo de líquido.
<b>Azúcar invertido</b>	Jarabe que se obtiene al dividir la sacarosa en fructosa y glucosa.
<b>Batch</b>	Tanda o lote.
<b>Combustión</b>	Reacción química en la cual se libera una gran cantidad de energía.
<b>Coproducto</b>	Producto adicional al producto principal en un proceso de fabricación.
<b>Core</b>	Tubo de cartón en el cual se enrolla la cinta adhesiva o el material de empaque.
<b>DBO</b>	Demanda biológica de oxígeno.
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno.
<b>EIA</b>	Evaluación de impacto ambiental.



<b>Flujo másico</b>	Magnitud para expresar la variación de la masa en el tiempo.
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero.
<b>GLP</b>	Gas licuado de petróleo.
<b>Grados Brix</b>	Cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.
<b>Hidrólisis</b>	Alteración de una sustancia química por el agua con la ayuda de un ácido.
<b>Hollín</b>	Polvo negro, fino y grasiento que deja el humo en una superficie.
<b>Homogenizar</b>	Hacer homogéneo por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.
<b>Jumbo</b>	Saco de azúcar que contiene 1 250 kg.
<b>Laminador</b>	Serie de rodillos laminadores y bandas de transporte para dar a la masa el espesor final.
<b>Lt.</b>	Litros.
<b>Manómetro</b>	Instrumento de medición utilizado para medir la presión de los fluidos.

<b>Miga</b>	Galleta calificada como defectuosa durante el proceso de fabricación, puede ser clasificada para reproceso o desperdicio.
<b>Mojada</b>	Batch o lote de producción.
<b>Patógeno</b>	Que causa enfermedad.
<b>Quemador</b>	Dispositivo de los hornos para quemar combustible con el objetivo de generar calor.
<b>Subproducto</b>	Producto no conforme en un proceso de producción, resultado de fallas o ineficiencias.
<b>TM</b>	Toneladas métricas.





## RESUMEN

La industria alimenticia es un sector en donde los principios de Producción más Limpia son totalmente aplicables y útiles como un medio para alcanzar los objetivos relacionados con el costo de producción y además se convierte en herramienta eficaz para reducir la contaminación ambiental.

En este estudio se analizan los procesos principales de una fábrica de galletas dulces y saladas, desde el ingreso de las materias primas y materiales, así como, consumo de energía y combustible, hasta la generación de producto terminado, subproductos, coproductos y desperdicios, así también, se dan los parámetros aceptables para las emisiones gaseosas y aguas residuales, con el fin de identificar las oportunidades de mejora que generen ahorros y reduzcan las emisiones nocivas al medioambiente.

La Producción más Limpia se puede aplicar en todas las actividades de un proceso, sin embargo, en este estudio se dio prioridad a aquellas que utilizan mayor cantidad de combustible, energía eléctrica o que generan niveles de desperdicio considerables, eso incluye el proceso de molienda de azúcar, preparación de azúcar invertido y el horneado del producto. También se estudió el tema de consumo de agua y utilización de aire comprimido.

El primer punto analizado fue la molienda de azúcar, encontrando que actualmente dicha operación genera desperdicio debido a mal acondicionamiento del equipo y algunas veces por prácticas inadecuadas del personal.

Se determinaron algunas actividades destinadas a reducir el desperdicio y se proponen controles para gestionar mejoras en la productividad del proceso.

Se analizó también el proceso de preparación de azúcar invertido, encontrando que se pueden modificar algunos parámetros del proceso para reducir el tiempo de preparación sin afectar las características del producto final. Mientras en el proceso de horneado se determinó la forma de hacer el balance de energía y se sugieren medidas a tomar en busca de incrementar la eficiencia en el horneado.

En la última sección se tratan los principales problemas ambientales en Guatemala, como la contaminación del aire, el agua, la generación de desechos sólidos y la deforestación, enumerando también posibles medidas a tomar por parte de la población y las autoridades con el fin de disminuir el impacto de tales problemas.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Desarrollar un análisis de los procesos y actividades de la fábrica de galletas Gama, basado en la metodología de Producción más Limpia, el cual ayude a evidenciar las oportunidades de mejora, que incrementen la productividad y eficiencia de la fábrica, reduciendo al mismo tiempo la generación de desechos negativos para el medioambiente.

### **Específicos:**

1. Describir los conceptos básicos relacionados con los métodos de Producción más Limpia y gestión ambiental.
2. Detallar la situación actual de la empresa, describiendo cada etapa de los procesos de fabricación, así como, las operaciones auxiliares y materiales utilizados.
3. Determinar el consumo de combustibles y energía eléctrica, así como, su costo actual y la relación que mantienen con el volumen de producción.
4. Analizar la forma en que se está manejando el agua y proponer mejoras en el uso de este recurso.
5. Determinar las operaciones, en las cuales se pueden encontrar e implementar a corto plazo oportunidades de mejora en el uso de insumos.

6. Generar propuestas generales relacionadas con el proceso de producción, cuya implementación apoye de manera directa el programa de Producción más Limpia.
7. Determinar indicadores de gestión ambiental, que permitan medir el impacto de los cambios realizados por la empresa en los diferentes procesos.
8. Enumerar algunos de los principales problemas ambientales en Guatemala y generar propuestas para reducir su efecto.

## INTRODUCCIÓN

El concepto de Producción más Limpia, surge derivado del problema ambiental, en el cual las empresas conscientes de la necesidad de promover acciones que frenen el deterioro de los recursos naturales y con la premisa de volverse cada vez eficientes, deciden revisar sus procesos, para hacer un mejor uso de los insumos y reducir la generación de desperdicios.

En el estudio presentado a continuación se realizará un análisis de los aspectos previos a la implementación del programa de Producción más Limpia, en una fábrica de galletas ubicada en el kilómetro 18,5 de la carretera a San José Pinula, del departamento de Guatemala, como apoyo a la implementación de sistemas que colaboren a incrementar la eficiencia de la planta, por medio de iniciativas de ahorro de agua, energía, combustibles, que en general están alineadas con la conservación del medioambiente.

Un programa de Producción más Limpia significa la planificación, programación y ejecución de un conjunto de actividades, enfocadas en el análisis de los procesos, que conlleven a identificar fuentes de ineficiencia y oportunidades de mejora en la utilización de recursos, reduciendo los residuos desde su origen, de una manera preventiva.

Al final del estudio, se presentarán desde las opciones más obvias y cuya implementación no necesite gran inversión, más que la concientización del personal, hasta algunas otras que puedan implicar modificaciones en los equipos, procesos o incluso materias primas, las cuales pueden representar

para la empresa, la necesidad de realizar un análisis más exhaustivo, previo a decidir su implementación.



## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

El continuo deterioro de los recursos naturales a causa de la actividad industrial y la cada vez más notable presencia de productos extranjeros en el mercado nacional a precios competitivos, hacen que la industria guatemalteca necesite enfocar sus procesos hacia prácticas que le permitan controlar sus costos por medio de operaciones más eficientes, que optimicen el uso de recursos y que minimicen la generación de los residuos y emisiones contaminantes al medioambiente.

### **1.1. Historia de la empresa**

La fábrica de galletas EXPRO S. A. forma parte de la División Molinos Modernos. Expro, inicia operaciones en 1978 en un viejo edificio ubicado en la zona 2 capitalina. La fábrica originalmente propiedad del señor Jorge Britz inicialmente era una panadería y luego al ser adquirida por Multi Inversiones, se orienta hacia la fabricación de galletas.

En sus inicios como fábrica de galletas, solo contaba con un horno y poca maquinaria de empaque, la línea de producción era conformada por 20 personas. Por la creciente demanda fue necesario adquirir maquinaria de mayor capacidad y de mejor tecnología, pero, para este crecimiento fue indispensable cambiar la ubicación de la fábrica instalada en la zona 2 capitalina hacia instalaciones más amplias, las cuales se construyeron en las afueras de la ciudad de Guatemala, en el kilómetro 18,5 de la carretera hacia San José Pinula y se realizó el traslado en 1986.

A partir del cambio hacia la nueva planta, las operaciones fueron creciendo hasta el punto que el grupo adquirió fuera de Guatemala, dos plantas de manufactura de galletas, una en Costa Rica y otra en República Dominicana.

## **1.2. Misión**

“Innovar y desarrollar negocios de la cadena de valor del trigo y del maíz que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, apoyados en el fortalecimiento de nuestras marcas y la comercialización de productos, mejorando continuamente la eficiencia y calidad de nuestros procesos, productos y servicios”.<sup>1</sup>

## **1.3. Visión**

“Ser líder en negocios asociados a la cadena del valor del trigo, con participación significativa en harinas de maíz y aprovechando negocios complementarios, en Centroamérica, Caribe y con presencia activa en México, dentro de un marco de responsabilidad social empresarial que mejore la calidad de vida de nuestros colaboradores y cumplan con las expectativas de nuestros accionistas”.<sup>2</sup>

## **1.4. Organización**

Expro S. A. forma parte de la División Molinos Modernos que se dedica a los negocios asociados con la harina de trigo. La división Molinos Modernos es dirigida por un presidente ejecutivo, a quien le reportan los vicepresidentes de cada unidad de negocio y a estos los directores de manufactura, aseguramiento de calidad y logística.

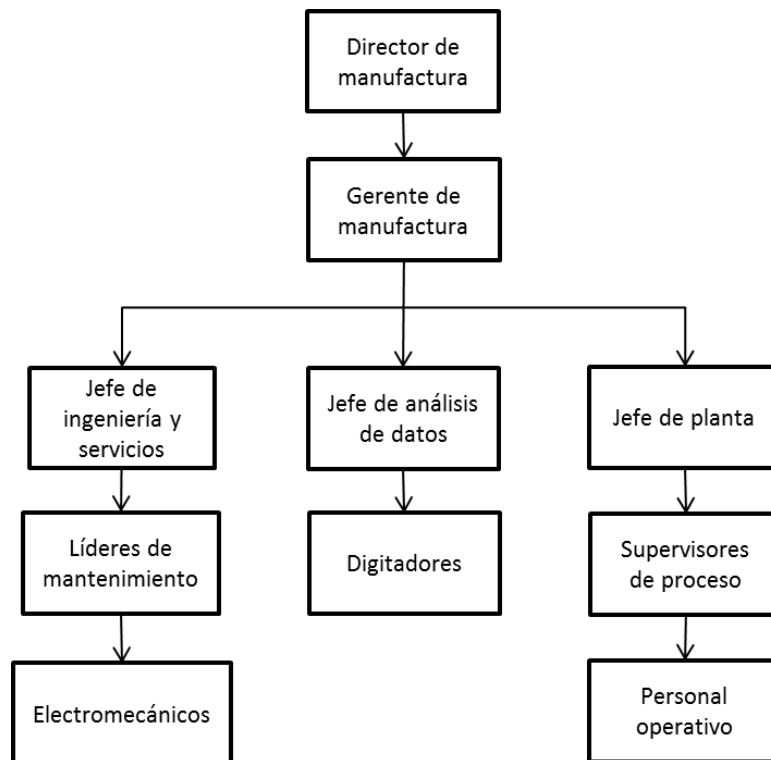
---

<sup>1</sup> EXPRO S. A. *Manual de Calidad p.1*

<sup>2</sup> *Íbid.*

En cada departamento bajo la responsabilidad de los gerentes, existen diferentes áreas las cuales están a cargo de las jefaturas. A continuación se presenta el organigrama del Departamento de Manufactura.

Figura 1. **Organigrama del Departamento de Manufactura**



Fuente: elaboración propia.

### 1.5. **Conceptos generales**

En esta sección se explican brevemente términos utilizados actualmente, para referirse a la problemática ambiental y permitirán comprender mejor la importancia del enfoque de la Producción más Limpia.

### **1.5.1. Medioambiente**

Se entiende que medioambiente es absolutamente todo lo que rodea a los seres vivos y de alguna forma condiciona su forma de vida. El concepto que se encuentra en Wikipedia indica que “En la teoría general de sistemas, un ambiente es un complejo de factores externos, que actúan sobre un sistema y determinan su curso y su forma de existencia.”

Los factores externos que condicionan la forma de vida pueden ser la geografía, geología, clima y contaminación. Como factores biológicos, están la población humana, flora, fauna y agua.

### **1.5.2. Contaminación**

La contaminación es la introducción de un contaminante dentro de un ambiente, lo cual de alguna manera altera las condiciones de vida. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio y por lo general, se genera por la actividad humana.

La actividad industrial genera varios tipos de contaminación, entre los que se pueden mencionar:

- La contaminación atmosférica, provocada por la liberación de químicos y partículas hacia la atmósfera. Los gases contaminantes más comunes incluyen monóxido de carbono (provocado por la combustión incompleta de materiales combustibles como el gas, la gasolina, el diésel, madera, carbón, etcétera), dióxido de azufre (generalmente provocado por la industria de los productos químicos), el óxido de nitrógeno que por lo general es provocado por la combustión del diésel.

- La contaminación por basura o desechos sólidos, es uno de los grandes problemas derivados de la industria. Los vertederos de basura municipales, son fuentes de sustancias químicas que entran al medioambiente y contaminan el suelo y a veces las capas de agua subterráneas.

Existen residuos sólidos que son no degradables, es decir, que no se descomponen por procesos naturales por ejemplo, el plomo y el mercurio, también están los residuos semidegradables, los cuales su degradación es lenta y necesitan años y a veces décadas para degradarse, entre estos están los plásticos y por último están los materiales degradables y biodegradables, los cuales se descomponen por procesos naturales, físicos, químicos o biológicos, dentro de estos se encuentra el papel, el cartón, desechos orgánicos, etcétera.

- La contaminación acústica, generada por el funcionamiento de los distintos equipos utilizados en la industria y que afecta tanto al personal de empresa como a las comunidades aledañas a la instalación industrial debido a los altos decibeles que se pueden generar y que ocasionan molestias al aparato auditivo.
- La contaminación hídrica, ocasionada especialmente por la liberación de aguas residuales en la superficie de las escorrentías que drenan hacia ríos o que penetran el suelo hacia aguas subterráneas. Esta última es la que peores consecuencias ha traído a los ecosistemas, pues ponen en riesgo la salud de las personas y amenaza la supervivencia de cientos de especies que viven en ríos y lagos, sin olvidar el deterioro de estos últimos.

### **1.5.3. Tratamiento de residuos al final del proceso**

Al hablar de tratamiento de residuos al final del proceso, se puede referir a residuos gaseosos (también llamados emisiones), residuos líquidos y residuos sólidos.

En el caso de residuos líquidos, se hablará del tratamiento de efluentes al final del proceso y se refiere al tratamiento que se da a los flujos de agua residuales de un proceso, los cuales son descargados a un tanque en donde se le realizará un proceso de depuración biológica, física y química que permita eliminar los contaminantes presentes en el agua.

Los residuos sólidos se refieren específicamente a los de carácter industrial. El tratamiento de estos tradicionalmente ha consistido en la recolección seguido por la disposición, dependiendo del tipo de residuo el proceso puede continuar con un tratamiento específico, el cual puede ser reducir su peligrosidad, recuperar material para el reciclaje, producir energía o reducir su volumen para una disposición más eficiente.

Los residuos sólidos o líquidos y las emisiones, son materias primas y materiales del proceso (algunos adquiridos a un alto costo), que no se han transformado en producto terminado o en materias primas para ser usados como insumo en otro proceso de producción. Hasta ahora las tecnologías ambientales han trabajado principalmente en el tratamiento de desechos y emisiones al final del proceso, por eso también se le llama al “final del tubo”, el cual es un tratamiento que se caracteriza especialmente por ocasionar gastos a la compañía y aunque en muchos de los casos dan buen resultado, pueden también representar un desplazamiento de problemas hacia la comunidad que la rodea.



#### **1.5.4. Prevención de la contaminación**

Debido al aumento de la contaminación, cada vez toma más fuerza la idea que la mejor forma de solucionar los problemas ocasionados por los contaminantes es no generarlos. De esta forma se busca que los controles ambientales cambien de su lugar tradicional, el cual era al final del proceso productivo o “al final del tubo”, hacia el proceso productivo en sí mismo.

La prevención de la contaminación, es una solución que se puede utilizar en la industria, que reduce o elimina la generación de contaminantes a menudo cambiando el tipo de materiales utilizados, mejorando el mantenimiento de los equipos, mejorando los procesos o utilizando procesos menos perjudiciales.

El objetivo de la prevención de la contaminación es modificar o reemplazar los procesos cuyas consecuencias ambientales son negativas, por otros menos contaminantes. Es importante tener en cuenta que la liberación de sustancias contaminantes al ambiente, incluyendo la generada por accidentes es un indicador de ineficiencia productiva y su eliminación genera ahorros y beneficios económicos. Es por ello que en las empresas deben estar de la mano las estrategias preventivas para la competitividad económica con la responsabilidad ambiental.

#### **1.5.5. Desarrollo sostenible**

El significado de los conceptos desarrollo sostenido y desarrollo sustentable o sostenible no se deben confundir, el primero se refiere al desarrollo que una empresa tiene utilizando sus propios esfuerzos y sin recibir ayuda externa, mientras que el desarrollo sostenible es el que se realiza haciendo buen uso de los recursos naturales y sin afectar el medioambiente.

El objetivo del desarrollo sostenible es empatar los aspectos económico, social y ambiental, de las actividades humanas, tres pilares que deben tomarse en cuenta por parte de las comunidades, compuestas tanto por empresas como por personas y gobierno.

Los límites de los recursos naturales sugieren tres reglas básicas en relación con los ritmos de desarrollo sostenible.

- Ningún recurso renovable deberá utilizarse con un ritmo superior al de su generación.
- Ningún contaminante deberá ser producido con un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medioambiente.
- Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

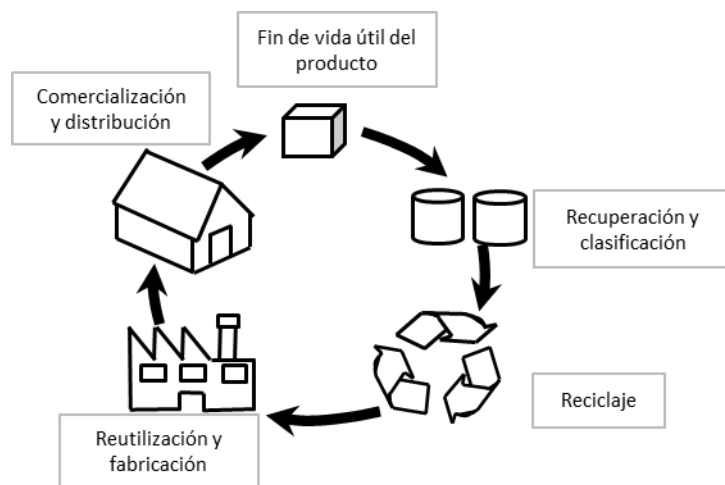
#### **1.5.6. Recuperación, reciclaje y reutilización**

Estos tres conceptos están relacionados entre sí y se refieren a la opción que tiene la industria, de recuperar, reciclar y reutilizar sus residuos sólidos, para evitar que estos se conviertan en parte de la contaminación que afecta al medioambiente.

La recuperación se puede dar dentro del proceso de producción, al final del mismo o al final de la vida útil del producto, por lo que se podrán utilizar distintas alternativas para lograr la recuperación en cada una de las etapas mencionadas.

Luego de la recuperación se puede dar la reutilización o puede venir una etapa de reciclaje, el cual es un proceso físico, químico o mecánico, que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

Figura 2. **Ciclo de la gestión integral del residuo o logística inversa**



Fuente: elaboración propia.

La reutilización significa volver a utilizar los bienes, materiales y productos, la utilidad puede venir para el usuario mediante una acción de restauración (reciclaje) o bien sin modificar el producto, si así, es útil para el nuevo uso que se le piensa dar.

Reutilizar es dar un nuevo uso a un bien o producto y forma parte de lo que se le ha llamado las 3 R, las cuales incluyen reducir, reutilizar, reciclar y que algunos incluyen una R más que es la de rechazar, es decir, no utilizar aquellos productos que generen residuos que no son susceptibles de reutilizar.

### **1.5.7. Eficiencia energética**

La eficiencia se refiere a la relación existente entre los resultados obtenidos en la realización de una tarea y los recursos invertidos, o sea que la eficiencia energética es la obtención de un resultado esperado, minimizando el consumo de energía.

La industria es uno de los sectores más necesitados de generar un ahorro en energía, debido a que al mejorar el costo de la operación mejora la competitividad. Sin embargo, la eficiencia energética no es solo un tema económico, pues en la mayoría de los casos, la energía que consumimos es generada mediante productos fósiles, los cuales además de ser una fuente limitada, generan emisiones que están dañando seriamente la atmósfera, por lo que se hace necesaria la búsqueda de opciones que permitan optimizar el uso de la energía sin afectar las operaciones actuales y buscar fuentes alternativas de energía amigables con el medioambiente.

### **1.5.8. Operación unitaria**

Se llama operación unitaria a una parte indivisible de cualquier proceso de transformación, sea físico, químico o de naturaleza biológica de una materia prima en otro producto de características diferentes.

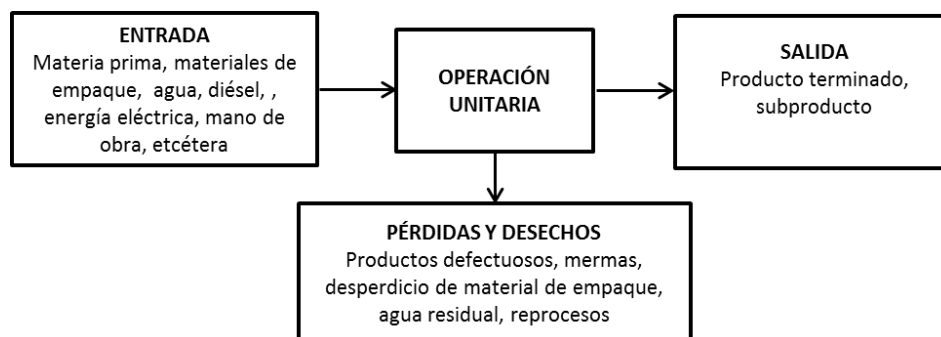
Una operación unitaria puede definirse como un área del proceso, donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada de transformación de las condiciones de determinada cantidad de materia en forma más útil a los fines de la empresa. La operación unitaria es un componente del proceso de producción que cumple una función específica sin la cual el proceso no podría cumplir su función global. Véase figura 3.

El uso que se da al análisis de operaciones unitarias en un estudio previo a la implementación de la Producción más Limpia, es establecer una apreciación global de los principales flujos de materiales dentro de la empresa y descomponer el proceso en operaciones individuales que hagan más sencillo el análisis de entradas y salidas en cada parte del mismo, identificando para cada operación unitaria crítica lo siguiente:

- Las entradas de cada operación, incluyendo materias primas e insumos, energía disponible.
- Las salidas de cada operación, incluyendo productos, subproductos, residuos, pérdidas, etcétera.
- Las relaciones entradas y salidas.

Desde el punto de vista teórico el análisis de las operaciones unitarias está regido por las leyes de conservación de la materia, la energía y movimiento, pero en la realidad serán contados los casos en que estos principios pueden comprobarse, derivado de la falta de información o de la incapacidad de medir todos los aspectos.

Figura 3. **Ejemplo de diagrama para ilustrar una operación unitaria**



Fuente: elaboración propia.

## **1.6. Legislación ambiental**

La legislación en materia ambiental es amplia, sin embargo, se mencionarán solo los puntos que se relacionan al desempeño de la industria y la disposición de desechos.

### **1.6.1. Organismos públicos a nivel nacional encargados de la Gestión Ambiental**

En Guatemala es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) la entidad del sector público, encargada de formular y ejecutar las políticas que tienen como fin la protección y mejoramiento del medioambiente.

Dentro de los objetivos del MARN están:

- Cumplir y hacer cumplir el régimen jurídico del ambiente y de los recursos naturales.
- Formular, aprobar, orientar, coordinar, promover, dirigir y conducir las políticas nacionales de ambiente y recursos naturales, para el corto, mediano y largo plazo.
- Formular la política para el manejo del recurso hídrico en lo que corresponde a contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.

Dentro del MARN, las direcciones encargadas de la gestión ambiental son la Dirección General de Gestión Ambiental y la Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales, las cuales dentro de sus funciones principales tienen:

- Definir las acciones preventivas para conservar la calidad del ambiente y de los recursos naturales.



- Definir un sistema de evaluación de impacto ambiental.
- Supervisar la correcta aplicación de las normas ambientales.
- Fomentar iniciativas de educación ambiental.
- Promover procesos de formulación, aplicación y evaluación de políticas ambientales.

Adicional a las direcciones del MARN, en las cuales centraliza a nivel general los temas relacionados con el cuidado del medioambiente, también se tienen las siguientes instituciones:

- El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) al cual le corresponde atender los asuntos concernientes al régimen jurídico que rige la producción agrícola, pecuaria e hidrobiológica, en estas actividades debe tener en cuenta la conservación y protección del medioambiente.
- El Instituto Nacional de Bosques (INAB) que es el órgano de dirección y autoridad competente del sector público agrícola en materia forestal.
- El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) al cual le compete la gestión de áreas protegidas.

### **1.6.2. Ley de protección y mejoramiento del medioambiente**

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medioambiente fue promulgada en 1986 por el Congreso de la República bajo el Decreto 68-86, como parte del compromiso adquirido por Guatemala en la conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972 con el objetivo de “velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medioambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes de país”<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Decreto 68-86. Ley de protección y mejoramiento del medioambiente, Artículo 11

Esta ley compromete al Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional a propiciar el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medioambiente y mantenga el equilibrio ecológico (Artículo 1).

Debido a la *Ley de Protección y Mejoramiento del Medioambiente* se asigna la responsabilidad de la aplicación a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, sin embargo, con el Decreto Legislativo 90-2000 desapareció y fue formado el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Artículo 2).

### **1.6.3. Evaluación de impacto ambiental**

El programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su *Manual de Legislación Ambiental de Guatemala*, presenta la siguiente definición de la Evaluación de Impacto Ambiental “Instrumento de política, gestión ambiental y toma de decisiones formado por un conjunto de procedimientos capaces de garantizar, desde el inicio de la planificación que se efectúe un examen sistemático de los impactos ambientales de un proyecto o actividad y sus opciones, así como, las medidas de mitigación o protección ambiental que sean necesarias para la opción a ser desarrollada. Los resultados deberán ser presentados a los tomadores de decisión para su consideración”.<sup>4</sup>

Dentro de los puntos más importantes establecidos por la *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*, está lo contenido en el Artículo 8 el cual indica la implementación de la evaluación de impacto ambiental como un requisito previo a la aprobación de cualquier proyecto, obra o industria que por su naturaleza pueda producir deterioro a los recursos naturales, al medioambiente o al patrimonio nacional.

---

<sup>4</sup> *Manual de Legislación Ambiental de Guatemala*, año 1999. p.24.

El objetivo general de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) es considerar el medioambiente como un factor importante para tomar en cuenta dentro de las decisiones previas a la implementación de un proyecto de cualquier tipo, dándole la misma importancia que a las cuestiones de tipo técnico o económico.

En Guatemala la EIA es aplicada en las primeras fases de la planificación de un proyecto, pero también puede ser realizada en actividades y proyectos que se encuentran en funcionamiento, en el caso que existan quejas por parte de vecinos que manifiesten que el funcionamiento de la empresa o proyecto causa algún tipo de molestia a la población.

Otro aspecto a resaltar es la posibilidad de participación ciudadana en la EIA, pues el Artículo 30 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, indica que se concede acción popular para denunciar ante la autoridad, todo hecho, acto y omisión que genere contaminación y deterioro o pérdida de recursos naturales o que afecte la calidad de vida. Uno de los problemas podría ser que la población no sabe con certeza a donde debe presentar sus denuncias para que sean atendidas adecuadamente.

#### **1.6.4. Competencias para la gestión ambiental a nivel local o municipal**

Las municipalidades son entes con autonomía propia y sus principales facultades y atribuciones según el Código Municipal son:

- Velar por el desarrollo integral del municipio, así como, por la integridad de su territorio y preservar el patrimonio natural y cultural del municipio.

- La promoción y desarrollo de programas de salud y saneamiento ambiental, prevención y combate de enfermedades en coordinación con las autoridades respectivas.
- La elaboración, aprobación y ejecución de reglamentos y ordenanzas de urbanismo.
- El establecimiento, regulación y atención de los servicios públicos locales.

Cuando las denuncias se den en lugares donde el ministerio no tiene representación regional, serán las municipalidades las encargadas de recibir la denuncia en representación del ministerio y quedan obligadas a remitir los expedientes de forma inmediata para darles el trámite requerido.

#### **1.6.5. Legislación para la protección y gestión de los recursos hídricos**

La legislación para la protección y gestión de los recursos hídricos tiene como principio constitucional que todas las aguas son de dominio público inalienables e imprescriptibles, es decir, que nadie puede tomar derecho de ellos nunca. La Constitución de la República contempla el aprovechamiento de las aguas de los lagos y ríos, especialmente, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de otra naturaleza y para su utilización prioritaria al servicio de las comunidades y no de personas particulares.

Existen otros instrumentos jurídicos en cuanto al uso del agua, entre ellos está la Norma COGUANOR que establece los aspectos técnicos para el uso del agua potable, en el Código Municipal se establece como una de las principales obligaciones de los gobiernos locales, proveer a la población de agua potable con instalación, equipo y red de distribución, debiendo asegurar la calidad y cantidad de la misma.

En el caso de la descarga de aguas residuales es el MARN el responsable de aplicar el Acuerdo Gubernativo 60-89 publicado el 5 de abril de 1989, que contiene el Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas.

Este reglamento establece los límites de contaminación permisibles para la descarga de aguas servidas o de desecho, procedentes de las industrias, explotaciones agropecuarias, de las municipalidades del país en los cuerpos receptores de aguas superficiales, subterráneas o costeras. Se prevé que previo a las descargas debe someterse a las aguas a un proceso purificador para eliminar su efecto contaminante y mantener así la calidad del agua.

En el Acuerdo Gubernativo 60-89 se obliga a todas las municipalidades del país y a las industrias relacionadas en el reglamento a establecer su sistema de tratamiento de aguas servidas, pero, es hasta el 2014 que todas las municipalidades deberán tener planta de tratamiento efectivo de aguas residuales, para la descarga de aguas servidas a los ríos y lagos de su municipio.

#### **1.6.6. Legislación para el manejo de desechos y residuos sólidos**

En Guatemala es poca la legislación en cuanto al manejo de desechos y residuos sólidos y las leyes que se han creado son más que todo aplicables al Municipio de Guatemala, en el Código de Salud el Artículo 102 establece que “corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios; de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables”.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Decreto 90-97. Código de Salud, año 1997. p.26.

La institución encargada de velar por el manejo de los desechos sólidos, es la Comisión Nacional de Desechos Sólidos (CONADES) la cual también está presidida por el MARN e integrada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Comisionado Presidencial para el Desarrollo Local, la Secretaría de Planificación de la Presidencia (SEGEPLAN), el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), la Asociación Nacional de Alcaldes Municipales (ANAM), y el Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF).

Desde hace años esta comisión ha presentado varias iniciativas para la aprobación de una ley integral que obligue a empresas y comunidades a manejar el tema de los residuos de una forma responsable con el medioambiente, sin embargo, no se ha logrado éxito.

#### **1.6.7. Código de Salud**

Está contenido bajo el Decreto 90-97 publicado el 7 de noviembre de 1997, contiene regulaciones sobre salud y ambiente en los temas de calidad ambiental y agua potable para consumo humano entre otros.

Entre otras actividades, regula sobre la protección a fuentes de agua así como, de la Declaratoria de Utilidad Pública para los ríos, lagos, lagunas, riachuelos y otras fuentes de agua con el fin de que puedan con base a dictámenes técnicos, ser utilizadas para abastecimiento de agua potable.



## **2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

La empresa ha implementado una serie de mejoras en sus procesos con el fin de volverlos más eficientes, consistentes y que garanticen que los productos cumplen con los requisitos de calidad y seguridad alimentaria que el cliente requiere.

### **2.1. Descripción de materiales**

Los materiales se dividen en materias primas, que es lo que las recetas de cada galleta indican y los materiales de empaque, que protegen al producto y le permiten mostrarse en el punto de venta.

#### **2.1.1. Materias primas**

Las materias primas se clasifican en macro y microingredientes, de acuerdo al volumen y proporción que representa cada material en la fórmula total.

##### **2.1.1.1. Macroingredientes**

Los macroingredientes son los que en conjunto forman arriba del 85 % del contenido total de la receta del producto, estos son harina, azúcar y grasa. La harina y grasa, se reciben en pipas y se descargan a silos que se ubican en la parte externa de la planta, en el caso del azúcar se recibe y almacena en la bodega de materias primas en sacos llamados “jumbos” o “*big bag*” que contienen en promedio 1 250 kg.

- Harina de trigo

Es el ingrediente principal de las galletas, dependiendo del tipo de galleta se utiliza harina de trigo rojo o harina de trigo blanco, los cuales son provenientes de Estados Unidos y Canadá. El trigo común o suave es del que se obtienen las harinas para panificación y elaboración de galletas, mientras que del trigo duro se obtienen las harinas para la elaboración de pastas.

La harina de trigo suave tiene un bajo contenido de proteína siendo el gluten la principal de sus proteínas y también la principal responsable de la fuerza de la harina. Para medir las propiedades de la harina en términos de calidad existen una serie de pruebas que determinan entre otros parámetros humedad, la cual oscila alrededor del 13 %, el contenido de cenizas, que indica el porcentaje de extracción de la harina; la granulometría, elasticidad, tenacidad y fuerza, estas últimas llamadas características reológicas y se miden utilizando equipos como el alveógrafo y farinógrafo.

- Azúcar

El azúcar utilizado en el proceso es azúcar blanca de producción nacional y se recibe en sacos de 1 250 kilogramos y se traslada a producción en sacos de hasta 35 kilogramos. El azúcar se recibe en grano normal y para utilizarla en el proceso se debe realizar un proceso previo de pulverización o molienda.

El azúcar además de aportar su sabor dulce al producto, interactúa con otros ingredientes alterando sus propiedades y modificando la estructura y textura de las galletas, además de ser un conservante natural que puede ayudar a extender la vida de anaquel del producto terminado.

El azúcar en estado cristalino, reduce el grosor de la galleta y aumenta el diámetro o longitud, ayuda a tener una textura crujiente por lo que una galleta con demasiada azúcar podría tender a ser más dura de lo normal.

- **Grasas**

En orden de importancia de los ingredientes de las galletas, las grasas ocupan el tercer lugar. Las grasas utilizadas para la elaboración de las galletas y rellenos, son todas de origen vegetal extraídas de la palma africana. Para las masas se utilizan oleínas o sea la parte líquida del aceite de palma, se recibe en pipas y se almacena en dos silos ubicados en el área externa de la planta y luego es transportada hacia el área de mezclas por un sistema automatizado.

Las funciones de la grasa en la masa de las galletas son la aireación, ayudando a atrapar aire en la masa para generar volumen; lubricación, disminuyendo el efecto abrasivo del azúcar y de la harina durante el mezclado, ayuda al desmolde y además permite que se disuelvan mejor los sabores y mejora la textura del producto, pues le da suavidad.

En el almacenaje de la grasa se cuenta con un sistema que mantiene la temperatura arriba de 42° Celsius y sin exceder los 60° Celsius debido a que puede afectar las propiedades de la grasa, provocando oxidación que modifica el sabor y acorta el tiempo de vida de anaquel del producto.

#### **2.1.1.2. Microingredientes**

Los microingredientes o ingredientes menores, son los que representan un bajo porcentaje del total de cada fórmula (casi un 15 %), pero tienen un papel fundamental para dar las características finales del producto.

- Leudantes, entre los más utilizados están el bicarbonato de sodio, el bicarbonato de amonio y el fluoruro mono cálcico. Estos reaccionan a la temperatura y durante el proceso de cocción producen gas CO<sub>2</sub> lo cual ayuda al crecimiento del producto y a darle el volumen y consistencia deseados. El bicarbonato de sodio también ayuda a balancear el pH final del producto horneado.
- Colorantes, son aditivos con pigmentos artificiales que son utilizados en varios de los productos elaborados, sobre todo en la crema para relleno y en algunas de las galletas. Son utilizados para compensar la pérdida de color natural de los productos debido a la luz, los cambios de temperatura, la humedad y las condiciones de almacenaje.
- Saborizantes, son preparados de sustancias que pueden ser de origen vegetal o artificial de uso permitido para el consumo humano, capaces de actuar sobre el sentido del gusto y del olfato, dándole el sabor deseado al producto o reforzando el sabor propio del producto. Suelen ser productos en estado líquido, son de sabor y olor concentrado, que con cantidades pequeñas en relación al tamaño total de cada lote de producción, dan el sabor característico a cada producto.
- Emulsionantes, también llamados emulgentes, son sustancias que ayudan a estabilizar la emulsión entre la materia grasa y el agua. Para esto se utiliza la lecitina de soya, la cual además de estabilizar y homogenizar la mezcla entre agua y grasas, ayuda a que la masa se separe del molde.

### **2.1.2. Materiales de empaque**

Los materiales de empaque tienen como principal función proteger al producto y ayudan a garantizar el tiempo de vida de anaquel definido para cada tipo de producto. Por lo general cada producto cuenta con material de empaque primario, secundario y terciario, siendo este último la caja de cartón.

El empaque primario y secundario es en la mayoría de productos fabricado a partir del polipropileno biorientado (BOPP) que es un polímero termoplástico cristalino, cuyas propiedades de permeabilidad lo hacen adecuado para el empaque de alimentos.

También se utiliza laminación de polipropileno con aluminio, el cual da al producto mayor protección y brinda una mejor presentación, pero es de mayor costo y menor rendimiento por kilogramo en comparación con el polipropileno.

## **2.2. Descripción general del proceso de fabricación**

La planta principal cuenta con cinco líneas de producción, tres de galletas rellenas y dos de galletas tipo crackers. El proceso de producción para todos los tipos de galletas es similar, pues constan de una etapa de mezclado, formado, horneado, enfriamiento y empaque, conteniendo algunas variantes que serán explicadas en los diagramas de las figuras 9 y 10.

Se incluyen en la siguiente descripción etapas previas al mezclado, las cuales se llevan a cabo en el área de materias primas y además son importantes para tener los ingredientes y materiales listos en el área de producción para dar inicio al proceso.

- Pesado de microingredientes, consiste en dosificar y pesar manualmente en bolsas de polietileno, las cantidades de materia prima que lleva cada mojada según lo que indican las fórmulas oficiales.
- Molienda de miga, moler la miga de reproceso, es decir, la miga que no tiene contaminación y que se agrega a las masas como otro ingrediente más en cantidades menores previamente establecidas.

Esto representa una oportunidad de disminuir el impacto en el costo generado por el producto defectuoso.

- Mezclado de ingredientes, mezclar los ingredientes incluidos en la receta según el orden definido para cada una. Utilizando las mezcladoras de aspa vertical para las crackers y de aspa horizontal para las galletas dulces. Ver figura 4 y figura 5.

Figura 4. **Mezcladora de aspas verticales**



Fuente: *Manual de operación de mezcladoras Thomas L. Green.* p.13.

Las variables críticas del mezclado son tiempo de mezcla, velocidad de las aspas, cantidad y temperatura del agua, temperatura ambiente, exactitud del pesado de los ingredientes, también se puede incluir como una variable las características de la harina. En el proceso de mezclado ingresan todos los ingredientes que forman parte de la fórmula, realizando la dispersión y combinación mediante la aplicación de suficiente trabajo físico, hasta transformarlos en una masa homogénea y adecuada para la etapa de formado.

Formado de las galletas, una vez preparada la masa, se pasa al proceso de formado, en el caso de las galletas dulces básicamente es realizada por una moldeadora rotativa, en la cual se utiliza un molde cilíndrico cuyas cavidades tienen en su interior la forma de las galletas. Ver figura 6.

Figura 5. **Mezcladora de aspas horizontales sigma**

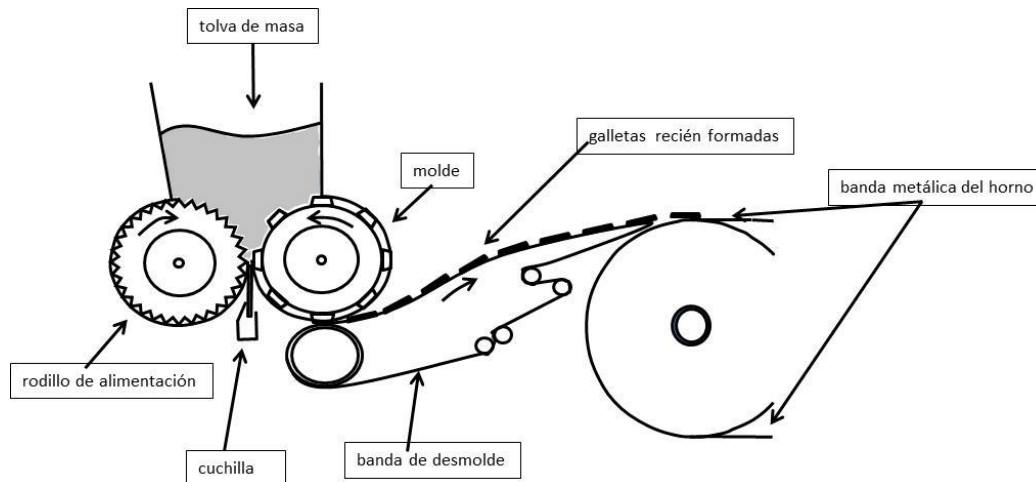


Fuente: *Manual de Mezcladora Peerless*. p.5.

Las variables críticas en el proceso de formado con rotativa, son la humedad y consistencia de la masa, la altura de la cuchilla la cual regula el peso de la galleta, la dureza del rodillo de hule y la relación de velocidad entre el rodillo de alimentación y el molde.

Para las galletas tipo crackers el formado es realizado en un proceso de laminado, el cual consiste en pasar la masa por un sistema de bandas de transporte y rodillos, reduciendo su espesor hasta en un 50 % en el paso de un rodillo a otro, hasta tener una capa de aproximadamente un milímetro de espesor, después de esto se utiliza un molde rotativo que troquea en la masa la forma de las galletas.

Figura 6. Esquema de moldeadora rotativa



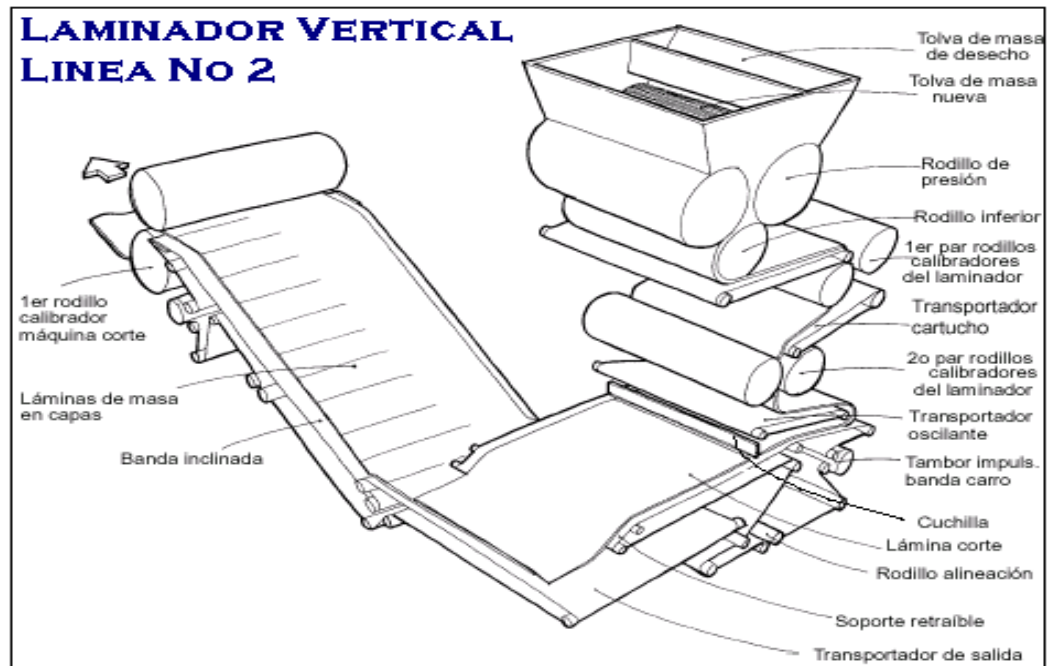
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

Las variables críticas en el proceso de laminado son la humedad, la elasticidad y extensibilidad de la masa, dichas variables se relacionan bastante con las características de la harina y las condiciones bajo las cuales se haya realizado el mezclado. Durante la laminación es crítica la velocidad de las bandas y rodillos del sistema laminador.

En esta operación se genera desperdicio ocasionado por la masa que se pegue a la banda y luego cae a una bandeja ubicada debajo de la moldeadora rotativa o del laminador. Las galletas que salen mal formadas se retiran de la banda y se regresan para ser moldeadas nuevamente. Si no se retiran antes de entrar al horno, serán clasificadas en empaque como miga de reproceso.



Figura 7. Esquema de laminador vertical para galletas Crackers



Fuente: *Manual de operación del troquel APV*. p. 3.

- Horneo, este se realiza en hornos de combustible diésel para las galletas dulces y de GLP (gas propano) para las galletas crackers. Los hornos tienen en promedio 30 metros de largo, distancia que las galletas recorren en aproximadamente 4 minutos, tiempo necesario para que se cumplan los objetivos del horneo los cuales son formar la estructura, remover la humedad, generar volumen, cocer el producto, dar color y desarrollar sabor.

Los hornos a diésel son de fuego indirecto, con este sistema la galleta se cocina por medio de aire caliente que recircula a lo largo del horno, a esto se le llama horneo por convección. Mientras que los de GLP, son de fuego directo, pues la llama se dirige hacia el producto y hacia la banda metálica del horno, la cual puede ser lisa o de tipo malla, este es horneo por radiación.

Las variables críticas en el horneado son la temperatura en cada zona del horno y el tiempo de horneado el cual viene dado por la velocidad de la banda del horno.

- Enfriamiento, después del horneado, el producto se traslada hacia empaque, teniendo que recorrer en la banda de transporte de 30 a 50 metros, lo cual es necesario para propiciar el proceso de enfriamiento hasta llegar a temperatura ambiente, con lo cual se puede proceder a la etapa de aplicación de crema o directamente al empaque en el caso de las galletas que no son rellenas. Si la galleta no se enfría lo suficiente dificulta la manipulación y no logra evaporar totalmente la humedad del producto, corriendo el riesgo de condensación después que el producto ha sido empaquetado.
- Empaque, las galletas rellenas después del enfriamiento pasan a las bandas de ordenamiento, donde son apiladas convenientemente para pasar a la etapa de encremado justo antes del empaque. Las galletas crackers pasan del enfriamiento al ordenamiento y luego al empaque primario.

El empaque se realiza en cada línea con 2 máquinas empacadoras que trabajan a velocidades promedio de 250 paquetes por minuto. La bolsa se forma realizando primero el sello longitudinal y luego el sello transversal, ya con el producto en su interior.

El empaque secundario, se realiza en línea inmediatamente después del empaque primario, acomodando el producto en paquetes que pueden ser de 6, 8 o 12 paquetitos. En este punto la alimentación de la empacadora se hace de forma manual.

El último paso antes de pasar a la bodega de producto terminado, es el encajado, en el cual se acomodan las contenedoras en una caja de cartón corrugado. La caja se sella y se le aplica un pegamento base agua el cual ayuda a fijar las cajas apiladas y evitar que se caigan durante el transporte hacia la bodega. Este pegamento sustituyó el uso de *stretch film*, el cual tiene el inconveniente de generar mucho desperdicio que además no es biodegradable.

Figura 8. **Estiba de producto terminado antes de ir a bodega**

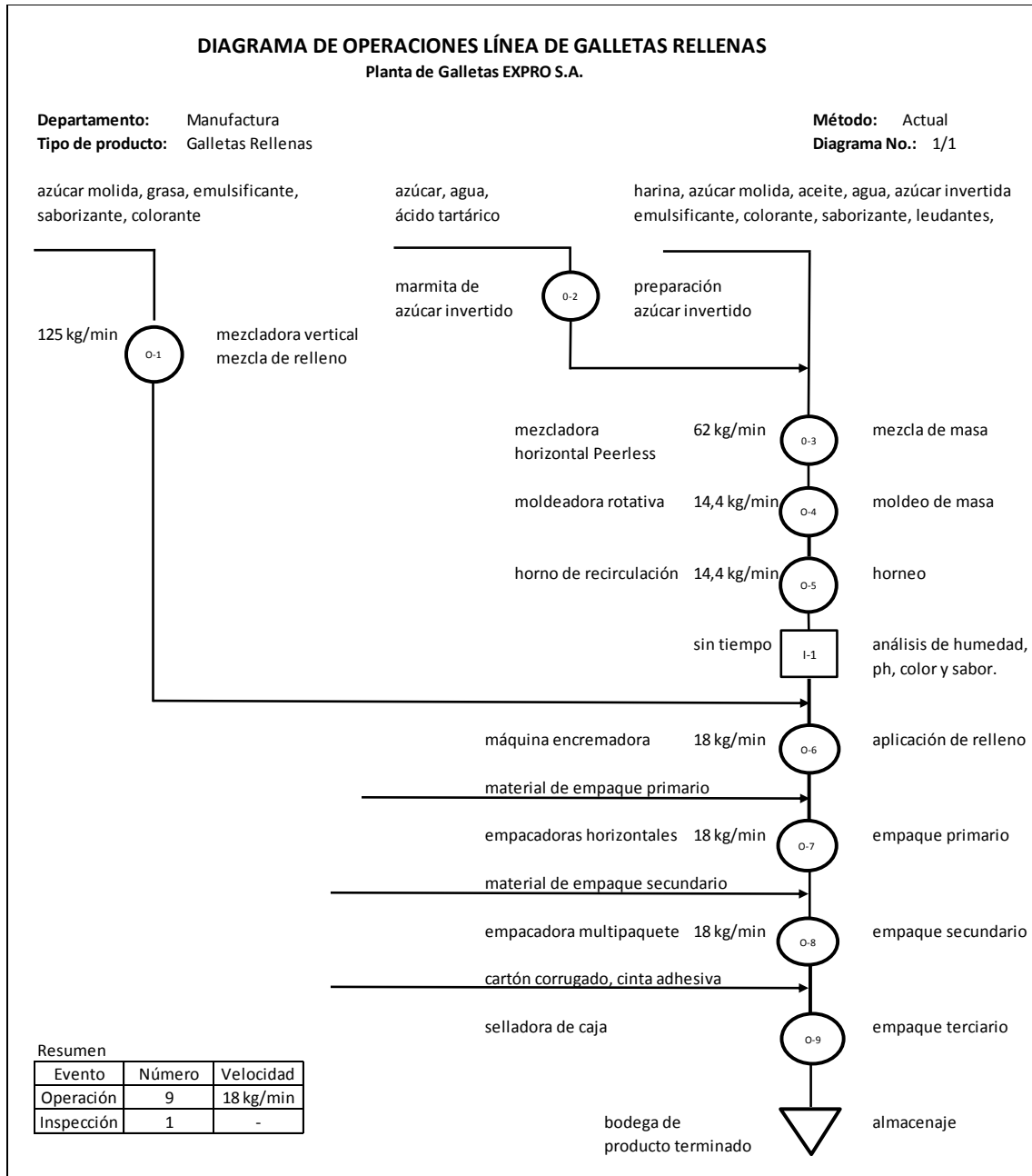


Fuente: Área de empaque. Aldea El Pajón carretera a San José Pinula.

### 2.2.1. **Diagrama de operaciones de galletas rellenas**

El proceso de elaboración se presenta en el siguiente diagrama, los tiempos de cada operación son dados en función de los kilogramos procesados en cada estación por minuto.

Figura 9. Diagrama de operaciones para galletas rellenas

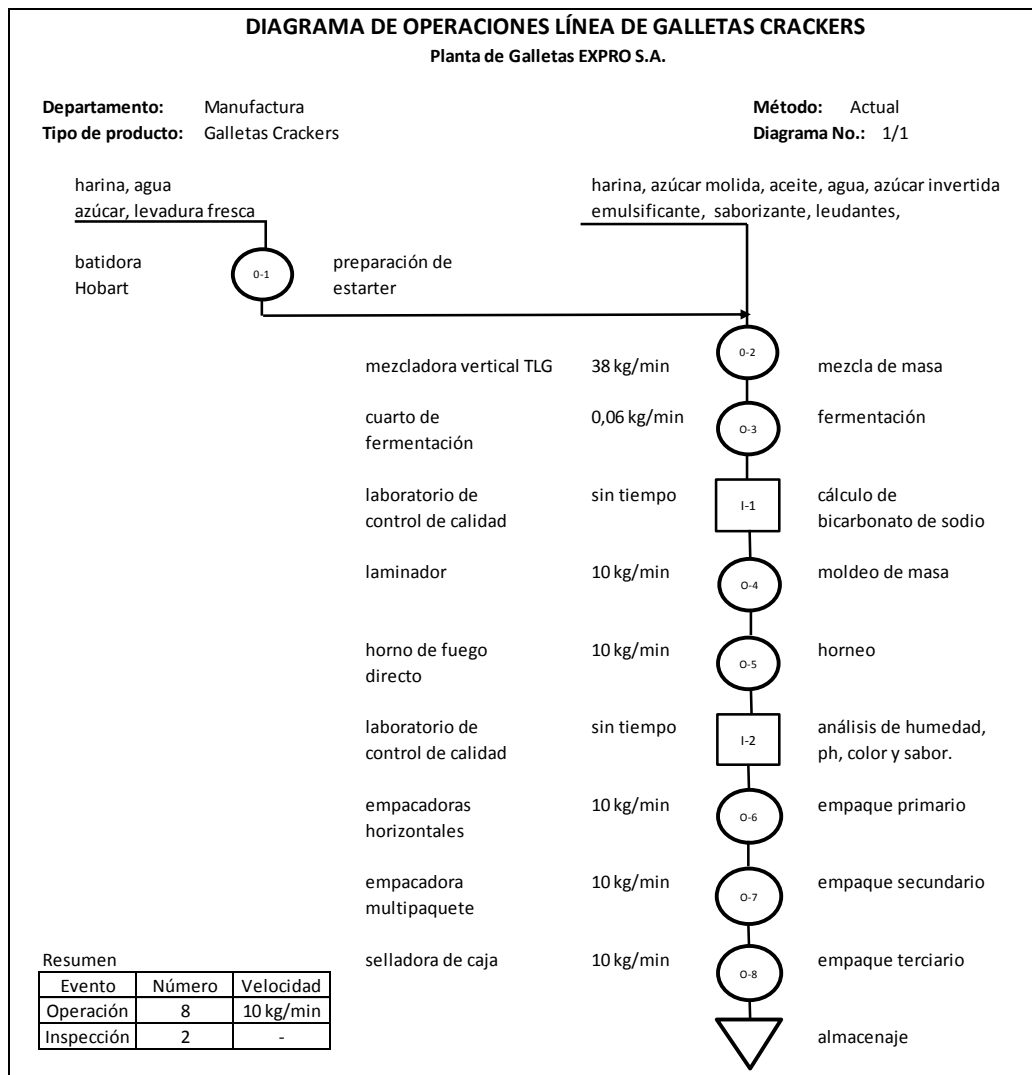


Fuente: elaboración propia.

## 2.2.2. Diagrama de operaciones para las galletas Crackers

El proceso de elaboración de galletas crackers, presenta variables como tiempo de fermentación y manejo de la humedad como un punto crítico. Se inicia el proceso de mezclado con 24 horas de anticipación al horneado.

Figura 10. Diagrama de operaciones de galletas Crackers



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3. Procesos auxiliares**

Los procesos auxiliares son los que sin formar parte de la línea de producción son importantes y necesarios para el funcionamiento del proceso de producción ya sea porque preparan la materia prima para su uso, proveen algún tipo de insumo para el funcionamiento de la línea de producción o ayudan a que las condiciones del equipo e instalaciones sean las adecuadas para la operación.

#### **2.2.3.1. Recepción, almacenaje y traslado de materia prima y materiales a planta de producción**

El manejo de la materia prima incluye recibir materiales, codificar, almacenar, pesar microingredientes y trasladar al área de producción. La materia prima viene en distintos envases según sea su naturaleza, pueden ser sacos de polietileno, sacos de papel, barriles metálicos y plásticos, canecas plásticas y cajas de cartón.

La tarea de pesaje de microingredientes la realiza en forma manual el personal del área de bodegas, utilizando bolsas de polietileno de distintos colores para dosificar cada ingrediente.

#### **2.2.3.2. Molienda de azúcar**

En la bodega de materia prima también se lleva a cabo la molienda de azúcar, pues el azúcar se recibe en grano normal tal como sale del ingenio, sin embargo, para uso en galletería esta debe utilizarse refinada pues de esa manera cumple mejor su función en la masa.

Para la molienda de azúcar se cuenta con tres molinos de martillo, el más rápido tiene capacidad para moler 1 250 kg/hora, el número 2 puede moler 833 kg/hora y el más lento 416 kg/hora; de tal manera que el sistema en conjunto es capaz de moler en promedio 2 499 kilogramos de azúcar por hora.

Por medio de un sistema de grúas eléctrico, se mueven los jumbos de azúcar, para vaciarlos sobre la tolva de cada uno de los molinos. Con la ayuda de un tornillo sinfin el azúcar pasa de la tolva a la cámara de trituración, en donde el azúcar es convertida en polvo debido al impacto ocasionado por los martillos giratorios del molino. Por último, se recibe el azúcar molida en la parte de abajo del molino en sacos de hasta 35 kilogramos cada uno, los cuales ya se pueden trasladar a la línea de producción.

Figura 11. **Sistema de molienda de azúcar**



Fuente: Bodega de materias primas. Aldea El Pajón, carretera a San José Pinula.

### **2.2.3.3. Limpieza**

El proceso de limpieza es parte fundamental de las actividades de la fábrica, pues ayuda a garantizar la calidad e inocuidad de los productos elaborados, por lo mismo, consume considerable cantidad de recursos. La limpieza de las áreas de producción la realiza el propio personal de cada área, solo se tiene un equipo subcontratado para la limpieza de las áreas comunes como pasillos, accesos, cafetería y servicios sanitarios.

Se realiza limpieza preoperacional la cual consiste en limpiar y desinfectar las áreas en contacto con el producto, antes de arrancar la línea después de un paro de más de 24 horas. Se realiza limpieza profunda en los paros de mantenimiento programado los cuales se programan 2 veces al mes, con duración de 12 horas cada uno. Al final de la semana de producción, se realiza también limpieza profunda y desinfección de todos los equipos.

En el proceso de limpieza de maquinaria se realiza inicialmente con escobas, escobillas y aire comprimido para retirar de las máquinas todo el exceso de miga de galleta y restos de masa en el área de mezclas. La limpieza continúa con la aplicación de desengrasante neutro para retirar toda la suciedad visible y concluye con la etapa de desinfección de las superficies, por medio de la aplicación de ácido peracético o amonio cuaternario, con lo cual se reduce la presencia de contaminación microbiológica.

En el caso de la limpieza de pisos, actualmente se utiliza el método de lavado y cepillado, el cual tiene la ventaja de hacer más rápida y efectiva la limpieza sobre todo en el área de mezclas, donde se manejan líquidos, grasas y polvos pero, con el inconveniente que se utiliza mucha agua.



#### **2.2.3.4. Generación de aire comprimido**

El principal uso del aire comprimido es en el funcionamiento de los sistemas neumáticos con los que cuentan la mayoría de los equipos y para inyectar aire a los quemadores de los hornos de fuego indirecto, pero además se utiliza para realizar la primera fase de la limpieza de los equipos.

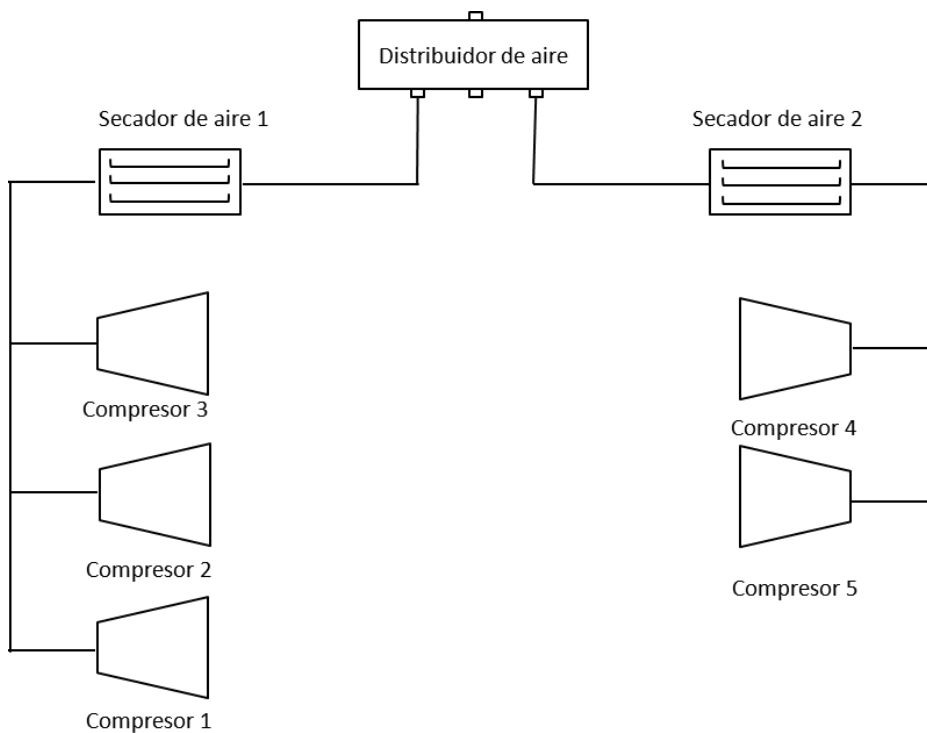
El aire comprimido se obtiene del funcionamiento de un sistema de producción compuesto por cinco compresores de tornillo. Este tipo de compresor es de los más silenciosos y entrega aire a volumen constante a un circuito cerrado que recorre tanto la nave principal como la planta de especialidades. No todos los compresores son idénticos, así que tendrán capacidades y eficiencias distintas.

El sistema actualmente es operado manualmente, quedando a criterio del personal de mantenimiento cuántos compresores deben estar encendidos. Normalmente con la planta de producción trabajando a su capacidad total, se arrancan todos los compresores y para los fines de semana se acostumbra dejar trabajando dos o tres unidades porque hay menos equipos en funcionamiento.

El sistema de aire comprimido actual trabaja a una presión nominal de 100 PSI y para decidir cuántos compresores se ponen a funcionar, el electromecánico asignado puede basarse en la lectura del manómetro ubicado en la salida del distribuidor principal, sin embargo, a menudo sucede que aunque la demanda de aire comprimido no sea tan alta, se tienen todos los compresores funcionando, lo que representa un consumo innecesario de energía eléctrica.

La distribución del aire comprimido se hace en un anillo cerrado con tubería de hierro galvanizado de 2" para la línea principal, de donde se derivan ramificaciones en tubería de hierro galvanizado de 1", 3/4" y 1/2". Existe una red de distribución con aire a presión de 100 PSI y otra con menor presión la cual se pretende que sea la única que se use para tareas de limpieza.

Figura 12. **Sistema de producción de aire comprimido**



Fuente: Rodrigo Argueta. Diseño de control para producción de aire comprimido. p. 27.

Actualmente el sistema de distribución del aire comprimido tiene un elevado número de fugas, que representan buena parte del consumo total de aire comprimido y que a la larga representan un alto costo en consumo de energía para la empresa.

### **2.2.3.5. Mantenimiento**

El mantenimiento actualmente se mantiene alrededor del 85 % de tipo preventivo y el 15 % restante es de tipo correctivo. Se administra por medio de un plan de mantenimiento anual, el cual busca adelantarse a las fallas que presenta el equipo por el desgaste ocasionado por el uso de los equipos, tratando de establecer los intervalos de tiempo adecuados para realizar lubricaciones, cambios de fajas, cojinetes, limpieza de motores, etcétera.

El mantenimiento es efectuado por personal técnico propio de la empresa y solo se subcontratan tareas que necesitan equipos o conocimientos especiales, como es el rectificado de piezas mecánicas, rebobinado de motores o programación de módulos electrónicos presentes en la mayoría de los equipos modernos.

Dentro del plan de mantenimiento preventivo se contempla que cada línea debe tener dos paros programados cada mes, en los cuales el personal de dicha línea de producción se encargará de efectuar una limpieza profunda de cada equipo y todos los técnicos de mantenimiento se enfocarán en realizar las tareas programadas de mantenimiento para el mes en curso.

### **2.2.3.6. Control de calidad**

Las actividades de aseguramiento de calidad inician desde la recepción de las materias primas y se realizan a lo largo de todo el proceso desde su inicio hasta la entrega del producto terminado. Se reciben las materias primas de acuerdo con horarios establecidos por tipo de materia prima para evitar la contaminación cruzada, se evalúa cada materia prima conforme a lo indicado en el certificado de calidad que acompaña cada envío.

En la actividad de pesado de microingredientes, aseguramiento de calidad valida que las balanzas y básculas utilizadas estén debidamente calibradas y aptas para su uso. También se muestrean las materias primas pesadas para verificar que el peso contenido coincide con lo indicado en cada fórmula.

En el proceso de producción, se verifica el producto al salir del horno, haciendo análisis de humedad, PH, color y textura. Al salir de la etapa de empaque se hace análisis de peso de producto terminado por parte del personal de producción y se muestrean las cajas de producto terminado, como última etapa de liberación, garantizando un producto libre de defectos.

### **2.3. Manejo de combustibles**

Para el cocimiento de los productos se tienen hornos que utilizan diésel y otros que utilizan gas propano, por lo que se tienen depósitos para ambos tipos de combustible. También se utiliza combustible para funcionamiento de calderas, montacargas y para la marmita donde se prepara el azúcar invertido.

Las galletas rellenas tipo sándwich se cocinan en hornos de fuego indirecto, los cuales utilizan diésel en sus quemadores y las galletas tipo crackers se cocinan en hornos de fuego directo, con el uso de gas propano como combustible.

#### **2.3.1. Gas propano**

El gas propano como se le conoce comúnmente al gas licuado de petróleo (GLP) se almacena en tres tanques de 2 000 galones cada uno y se tiene uno con capacidad de 6 605 galones, los cuales están conectados de tal forma que puedan ser utilizados individual o simultáneamente.

En la salida de los tanques se tienen manómetros para visualizar la presión de salida y en las entradas a cada horno se tienen reguladores de presión que permiten tener la presión adecuada y suficiente para el buen funcionamiento de los quemadores de los hornos de fuego directo.

También se utiliza gas propano para el funcionamiento de la marmita de preparación del azúcar invertido y para las calderas que proporcionan agua caliente necesaria para algunos de los procesos.

### **2.3.2. Diésel**

El diésel se almacena en dos tanques, cada uno de 3 000 galones de capacidad. El consumo promedio de diésel es de aproximadamente 8 000 galones mensuales.

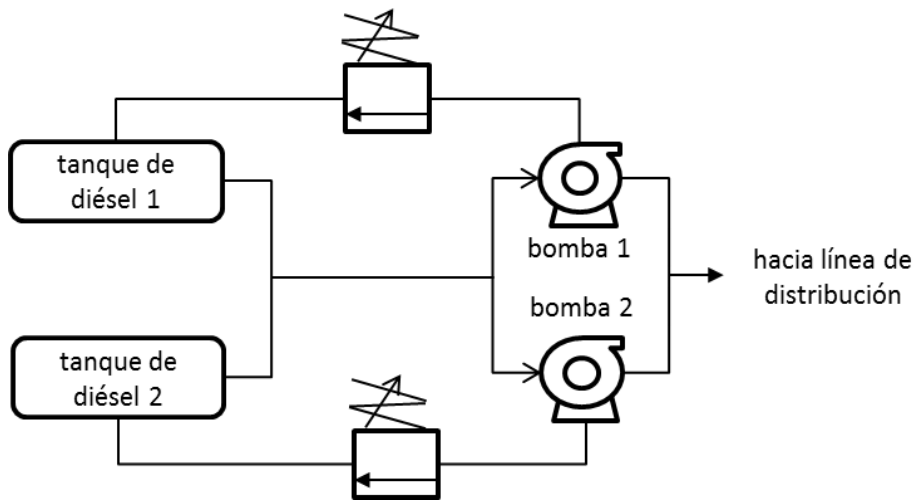
El sistema de distribución de diésel incluye dos bombas que funcionan de forma alterna, para evitar depender solo de una bomba y programarles mantenimiento sin tener que parar la producción. Ver figura 13.

También se tiene un depósito de diésel elevado que debe mantenerse lleno para cuando haya corte de energía eléctrica y se necesite arrancar la planta de emergencia, abasteciéndole por gravedad sin necesidad de bomba.

## **2.4. Energía eléctrica**

La energía eléctrica suministrada por la Empresa Eléctrica de Guatemala, es provista en una línea de transmisión de 13 000 voltios, cuyo voltaje llega hasta el banco de transformadores propiedad de la fábrica.

Figura 13. Diagrama de almacenamiento y bombeo de diésel



Fuente: elaboración propia.

La corriente eléctrica se distribuye desde un tablero principal, hacia cada una de las líneas de producción. El crecimiento desordenado y sin planificación ha provocado que no se tenga un interruptor por línea lo que impide medir el consumo de energía por línea de producción.

Debido a que es posible medir el consumo de energía eléctrica de cada línea, no se puede asignar de una forma certera el costo ocasionado por consumo de energía a cada producto, además al implementar iniciativas de ahorro de energía será más difícil evaluar resultados.

Adicionalmente se tiene una planta generadora de electricidad para emergencias, que utiliza diésel como combustible y que está conectada de tal forma que cuando existe un corte en el suministro de energía eléctrica se enciende automáticamente.

## **2.5. Manejo del agua**

El agua utilizada en el proceso, es obtenida de un pozo mecánico ubicado dentro de las instalaciones de la fábrica y acondicionada para su uso por medio de un sistema de cloración automático y luego pasa por un sistema de filtrado.

El agua es extraída por una bomba sumergible de 5 HP, la cual alimenta la cisterna de distribución que tiene capacidad para almacenar 15 000 galones de agua. Después el agua es bombeada hacia las estaciones de utilización por medio un sistema de bombas, una de 5 HP y otra de 1,5 HP, conectadas de tal manera que primero arranca la bomba de 1,5 HP al bajar la presión en el sistema y si la demanda es demasiado alta arranca automáticamente la bomba de 5 HP. La mayor parte del tiempo solo trabaja la bomba de menor potencia e incluso se apaga cuando la demanda es baja.

## **2.6. Manejo de desechos líquidos y sólidos**

El proceso de producción como tal no genera aguas residuales, pues es un proceso seco y el agua extraída del producto sale en estado gaseoso a consecuencia del horneado. Las aguas residuales son en su mayoría ocasionadas por las tareas de limpieza y los servicios sanitarios.

Las aguas residuales son conducidas por la red de drenajes interna hacia la planta de tratamiento ubicada al final del sistema de aguas servidas. Uno de los problemas del manejo de la planta de tratamiento es que ha sido difícil hacer que el personal comprenda las implicaciones que tiene el tirar desechos sólidos a las tuberías de aguas residuales.

Normalmente el tratamiento de aguas residuales de forma general se puede dividir en tres pasos. El primero llamado tratamiento primario, consiste en la separación inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas industriales, empleando un sistema de rejillas, lo cual se podría sustituir más adelante por un equipo de trituración especial.

Posteriormente se realiza una separación de sólidos pequeños tan densos como la arena, seguido de una sedimentación primaria que separa los sólidos suspendidos en el agua residual.

El segundo paso es el tratamiento secundario el cual consiste en un tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente. El tercer paso es el tratamiento terciario en el cual se aplican procesos de desinfección y filtración del agua, previa a su descarga o reutilización adecuada.

Por otra parte los residuos sólidos son ocasionados principalmente por las bolsas utilizadas para pesar los microingredientes, el material de empaque ocasionado por producto no conforme, en menor proporción pero no despreciable están los restos del empaque en el que vienen originalmente las materias primas. También se debe considerar la basura originada en los servicios sanitarios y en la cafetería.

Para recolectar los residuos sólidos de la planta de producción, se tienen basureros empotrados en la pared de la planta, en donde se tira la basura y que desde afuera permiten retirar la basura y llevarla al depósito principal. Un camión recolector municipal llega diariamente a la planta a retirar la basura para llevarla al vertedero municipal de la ciudad de Guatemala.



Actualmente, se vende para reciclaje el cartón corrugado y los cores de las bobinas, no ha sido posible hacer lo mismo con el empaque flexible, debido a que por lo regular lleva restos de galleta y a la empresa recicladora esto le representa problemas pues si va contaminado no se puede reciclar.

## **2.7. Implementaciones para la eficiencia energética y prevención de la contaminación ejecutadas por la empresa**

En el área de ingeniería y proyectos, como parte de la mejora continua se han hecho diferentes implementaciones, que han generado ahorro pero al mismo tiempo van en beneficio del medioambiente y la eficiencia energética. La parte que ha faltado en las implementaciones es medir los resultados.

Dentro de las más importantes se puede mencionar a las siguientes:

- Sustitución del sistema de bombeo de agua, cambiando de tener una sola bomba de 5 HP con funcionamiento continuo a un sistema que utiliza tanques hidroneumáticos, más la bomba de 5 HP y una bomba de 1,5 HP. Los tanques hidroneumáticos ayudan a elevar la presión en la red de distribución, cuando la presión baja a cierto límite se enciende la bomba de 1,5 HP pero si esta no logra levantar la presión, se enciende la bomba de 5 HP. Con esto se logró ahorro de energía, pues se redujo el uso de la bomba de mayor potencia en un 85 % del tiempo.
- Instalación de sensores de movimiento, para activar el encendido de lámparas en las áreas de poco tráfico, como por ejemplo vestidores y pasillos. Con esto se logró que las luces solo se enciendan cuando hay personal en el área.

- Instalación de bulbos ahorradores en luminarias ubicadas en el exterior de la planta en sustitución de lámparas incandescentes, con esto se redujo el costo de energía aproximadamente en Q25,00 mensuales por lámpara.
- Instalación de sistema de iluminación con encendido y apagado automático, el cual enciende la cantidad de luminarias necesarias dependiendo del nivel de iluminación natural.
- Instalación de red de distribución de aire comprimido a baja presión, para tareas de limpieza. Con esto se reduce el consumo de aire comprimido y evita la caída de presión en el sistema cuando se hace limpieza en alguna de las líneas de producción, sin embargo, no representa ahorro energético a menos que sea posible apagar alguno de los compresores del sistema.
- Instalación de sensores y electroválvulas para los chorros en las estaciones de lavado de manos, con el principal objetivo de evitar que el personal tenga que tocar la llave para abrir y cerrar el paso de agua, debido a requerimiento de las normas de buenas prácticas de manufactura, pero también ha permitido el ahorro de agua, pues es más fácil para el personal retirarse del sensor mientras se aplica jabón y evitar que se gaste agua innecesariamente.
- Reducción superior al 90 % de consumo de *stretch film* para el amarre de las tarimas de producto terminado, sustituyéndolo por pegamento en base agua, que se aplica a las cajas de cartón y cuyo costo es más bajo. en relación al stretch film. Reduciendo con esto la generación mensual de aproximadamente 500 kilogramos de residuos sólidos, con un costo de Q.8,75 por kilogramo.

### **3. PROPUESTA**

La propuesta enumera las consideraciones a realizar durante el análisis de procesos, enfocado a identificar las oportunidades de mejora bajo la metodología de Producción más Limpia. Se inicia listando la información que se puede incluir en un cuestionario para analizar de forma general a la empresa y se continúa con el análisis detallado de las operaciones.

#### **3.1. Cuestionario para generar diagnóstico de Producción más Limpia**

El cuestionario para hacer el diagnóstico debe incluir información general que permita conocer el proceso e identificar la naturaleza de sus operaciones, en caso que el análisis sea realizado por asesores externos que no tengan mayor conocimiento de la empresa. En la tabla I se muestra un ejemplo.

#### **3.2. Evaluación de los procesos de producción**

En la etapa de evaluación de los procesos de producción corresponde el análisis de cada etapa del proceso de producción, descomponiéndola hasta donde sea posible y necesario.

La información proporcionada deberá ser aquella que permita identificar oportunidades de ahorro, reducción de desperdicios, minimización de desechos u optimización de recursos.

**Tabla I. Cuestionario de diagnóstico de Producción más Limpia**

Diagnóstico de Producción Más Limpia	
Nombre de la empresa: _____ Dirección: _____	
Sección I	Datos Generales
a) Tipo de Industria	b) Ubicación:
Sección II	Datos Generales
1	Descripción general del proceso
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operaciones que componen el proceso</li> <li>Actividades de control de calidad</li> <li>Listado de materias primas y materiales</li> <li>Descripción de maquinaria y equipo</li> <li>Salidas del proceso (producto, subproducto, desperdicio, desechos sólidos y líquidos)</li> </ul>
2	Descripción de los servicios internos utilizados en la planta
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua potable (si es extraída internamente)</li> <li>Aire comprimido</li> <li>Vapor</li> <li>Refrigeración</li> <li>Electricidad (si es generada internamente)</li> </ul>
3	Descripción de los servicios públicos utilizados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua potable (si es municipal)</li> <li>Electricidad</li> <li>Extracción de basura</li> </ul>
4	Combustibles utilizados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipos de combustible utilizados</li> <li>Volumen utilizado mensual</li> <li>Utilización de combustible por proceso</li> </ul>
5	Información referente a las aguas residuales
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad</li> <li>Características</li> <li>Tipo de tratamiento</li> </ul>
6	Descripción del calendario de la empresa
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de turnos por día</li> <li>Cantidad de horas por día y días por semana</li> <li>Asuetos que se laboran y que se descansan</li> </ul>
7	Personal disponible
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de personal interno por áreas</li> <li>Cantidad de personal subcontratado por áreas</li> <li>Trabajadores temporales</li> </ul>

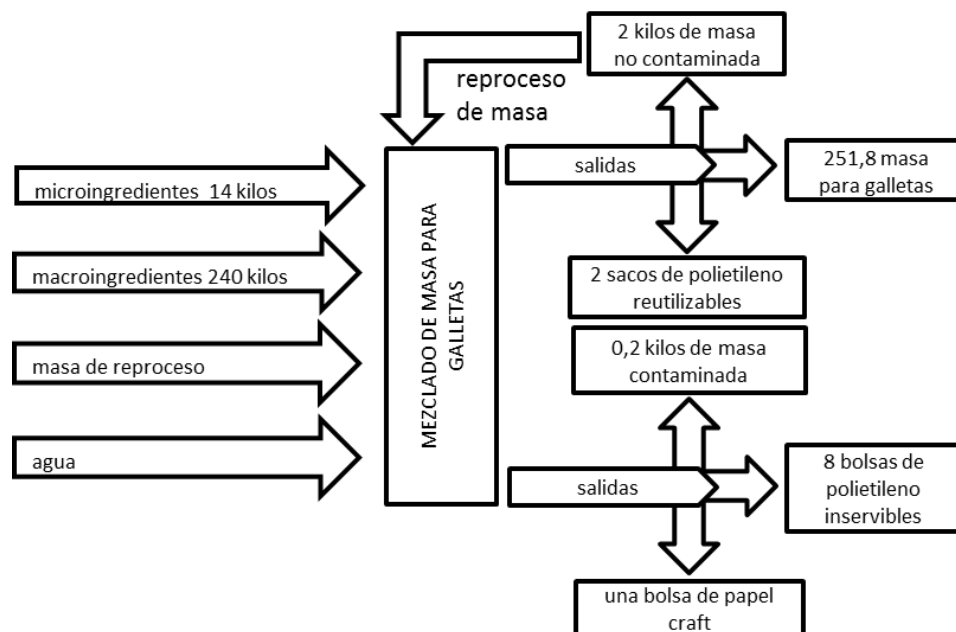
Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1. Esquematzación de operaciones unitarias

Como ya se explicó una operación unitaria puede verse como un área del proceso que no se puede dividir en más partes, en donde hay entradas y salidas y se cumple una función determinada del proceso, sin la cual el mismo no puede continuar.

Para facilitar el análisis de una operación unitaria bajo el enfoque de la Producción más Limpia, se puede esquematizar de tal forma que se puedan enumerar cada una de sus entradas y salidas, incluyendo cantidades de materiales, energía, combustible, residuos sólidos, residuos líquidos, material de reproceso y de reciclaje, así como, cualquier subproducto.

Figura 14. Diagrama de bloques del proceso de mezclado de galletas



Fuente: elaboración propia.

### **3.2.2. Criterios para la identificación de operaciones unitarias críticas**

Las operaciones críticas serán las que tengan mayores opciones de implementación de Producción más Limpia y se deberán diferenciar las que se pueden implementar inmediatamente de las que necesiten mayor análisis para ser implementadas a futuro. Se debe identificar a las operaciones consideradas como críticas, es decir, a las que se les debe dar relevancia porque tienen o puede tener impactos negativos importantes sean estos en relación a la eficiencia o al medioambiente.

La selección de las operaciones unitarias críticas se basará en la importancia de aspectos como:

- Cantidad y costo equivalente de los desechos sólidos, líquidos o gaseosos generados por las operaciones unitarias.
- Tipos de desechos generados por las operaciones (tóxicos o peligrosos).
- Cantidad y costo de la energía consumida (energía eléctrica, combustible, calor, aire comprimido).

Con base en lo anterior, el esquema de una operación unitaria debe incluir cantidades de cada material e insumo que entra, así como, de los que salen, para determinar su potencial de mejora.

En el ejemplo de la operación unitaria de mezcla de masa para galletas, se debe indicar cuántos kilogramos de materias primas ingresan a la mezcladora y cuántos salen como masa lista para el horneado, cuántos kilos salen para reproceso, cuántos kilos de masa van para desperdicio y qué tipos y cantidades de residuos sólidos genera cada tanda de mezclado.

Al analizar los datos del diagrama de la figura 14 se ve que la diferencia entre los materiales que entran y la cantidad de masa lista para horneado es menor al 1 % pero como hay masa que se reprocesa, prácticamente la diferencia es despreciable, de tal manera que al no tener una cantidad de desperdicio considerable no cuenta como operación unitaria crítica.

Es necesario recordar que aunque una operación no sea considerada como crítica, se deben analizar las opciones que permitan reducir la generación de desechos, pues, aunque no representen un ahorro económico se puede reducir el impacto al medioambiente.

### **3.2.3. Estudio de operaciones unitarias críticas**

En esta etapa se debe analizar cuidadosamente cada operación unitaria crítica, para que a partir de las observaciones y datos obtenidos se inicie con la identificación de opciones para implementar la Producción más Limpia.

Un proceso u operación normalmente está compuesto por entradas, salidas, producto, prácticas operativas y tecnología, a cada uno de estos elementos se le debe analizar para identificar su potencial de mejora. En cuanto a entradas y salidas, en la medida de lo posible se debe determinar la cantidad de materia prima e insumos que ingresan y la cantidad de producto que sale, para saber la pérdida durante el proceso.

También se debe observar detenidamente como se realiza la operación en condiciones normales, como interactúa el operario, la máquina y el producto, las dudas que puedan surgir al respecto, es probable que entrevistando al operario se puedan resolver.

### **3.2.3.1. Ingreso de insumos**

Los insumos pueden ser además de las materias primas o el material de empaque, los combustibles, la energía eléctrica y cualquier otro que sirva de apoyo a la operación, por ejemplo, el agua y los químicos de limpieza. Es importante considerar la conveniencia de tener medidores de combustible en la entrada a los procesos críticos que los consumen, así como, la forma de calcular el consumo de energía de los equipos.

### **3.2.3.2. Medición de salidas**

Para la medición de salidas se deben incluir las pérdidas, mermas y residuos cuantificables, así como, indicar la cantidad y tipo de productos y subproductos. Para los residuos sólidos y líquidos, se incluye la cantidad y características y las mermas y pérdidas accidentales por derrames y fugas.

En el caso de los residuos gaseosos se debe considerar la conveniencia de contar con equipo de medición de los gases de combustión, para saber la composición de los mismos y determinar si se está llevando a cabo una eficiente combustión.

La medición de las salidas debería ayudar a contestar preguntas como:

- ¿Cuál es la fuente del desperdicio y por qué se genera?
- ¿Se puede reprocesar el subproducto?
- ¿Se puede reducir el subproducto?
- ¿Se aprovecha completamente la materia prima?
- ¿Qué valor de venta tienen el subproducto y el desperdicio?



Dentro de las salidas de una operación unitaria están:

- Producto terminado

Se obtendrá en caso de que la operación analizada sea efectivamente la última antes de entregar el producto terminado, sin embargo, en otras operaciones unitarias anteriores no habrá producto terminado sino un producto de salida que se entrega a la siguiente operación.

- Subproductos

Pueden ser parte natural del proceso o consecuencia de ineficiencias en el mismo. Lo importante es identificar el tipo y la cantidad de subproducto que sale en cada parte del proceso de fabricación y además determinar la causa que lo origina para saber si se puede reducir.

En el caso de los subproductos, algunas veces es posible considerar su reutilización en el mismo proceso, por lo que hay que determinar para cada uno si es posible su reutilización, para incluirlo así en el diagrama de la operación unitaria, de lo contrario es necesario determinar el valor de rescate que tiene para la empresa.

Existe también el término coproducto, el cual a menudo tiene un valor de venta mayor al subproducto, por eso se le suele considerar dentro de la familia de los productos principales y a los subproductos se les considera dentro de la familia de productos secundarios.

La diferencia del coproducto y el subproducto, estiba en que el coproducto puede ser considerado como un producto para otro tipo de cliente con un precio casi similar al producto principal y el subproducto es el resultado de fallas en el proceso el cual se vende a un precio de rescate.

- Desperdicios

Inicialmente debe entenderse que desperdicio es el resultado de la mala utilización de los recursos de la empresa, por lo tanto, debe ser gestionado para buscar su disminución.

Los desperdicios difieren de los subproductos, en que el valor de rescate de los desperdicios suelen ser bastante más bajos si no es que nulos a comparación de los subproductos, por lo mismo, la reducción de los desperdicios debe ser prioridad para cualquier empresa.

En el análisis de la operación crítica debe quedar documentada la fuente y la razón de la generación del desperdicio, así como, la factibilidad de su reducción o en su defecto la posibilidad de reutilización, reciclaje interno o externo.

- Residuos

El concepto de residuos difiere del de desperdicios, en que los residuos son cualquier material generado en los proceso de transformación, combustión, extracción o utilización, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, por lo tanto, han perdido utilidad, así como, valor. Pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

Se debe indicar en el análisis de cada operación crítica, qué cantidad de residuos son generados, clasificándolos por tipo y peligrosidad, es decir, si son sólidos, líquidos o gaseosos y cuál es el destino final que se les da, de acuerdo con la política de disposición.

- Residuos sólidos

Se debe generar una tabla donde se incluyan diariamente los tipos y cantidades de los residuos sólidos generados, clasificados por área de origen, incluyendo producción, bodegas, mantenimiento, laboratorio de aseguramiento de calidad, áreas administrativas y servicios de personal, es decir, cafetería, baños y vestidores.

- Residuos líquidos

En cuanto a los residuos líquidos son en su mayoría agua proveniente de los servicios sanitarios, estaciones de lavado de manos y de las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones.

Para saber la cantidad de residuos líquidos totales se debe instalar un medidor de flujo en la salida de la planta de tratamiento, pero para gestionar el buen uso del agua es necesario saber cuál es el consumo de agua por área o por tipo de uso y esto se puede lograr instalando medidores de flujo en puntos estratégicos que permitan saber cuánta agua está entrando a cada área de trabajo.

Para realizar las mediciones, se deben incluir estaciones de lavado de manos, áreas administrativas y de servicios de personal, cuartos de lavado de utensilios y filtros de entrada al sistema automático de pesado de ingredientes.

- Residuos gaseosos

Los residuos gaseosos, son básicamente los expulsados como resultado de la combustión de diésel y gas propano que se lleva a cabo en las cabinas de los hornos en donde se cocina la galleta. En estos seguramente se encuentran el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) el cual se produce como efecto de mala combustión.

El análisis de los gases de combustión ofrece una alternativa para determinar las concentraciones de contaminantes y para ajustar al máximo rendimiento las instalaciones generadoras de calor, por lo que se deberá incluir la medición periódica de los gases presentes en las chimeneas.

### **3.2.3.3. Balance de masa**

Para elaborar el balance de masa de las operaciones críticas es necesario documentar los parámetros bajo los cuales se lleva cada operación unitaria, es decir, temperatura, tiempo, velocidad, presión, etcétera. Así como, el detalle de los insumos que ingresan y de los que salen incluyendo productos, coproductos, subproductos y residuos, para hacer la comparación entre lo que entra y lo que sale como producto para la siguiente fase del proceso.

- Balance de masa de los insumos

Cuando ya se tienen identificadas las operaciones críticas el siguiente paso es realizar el balance de masa de cada una. El balance de masa de los insumos tiene como objetivo identificar las pérdidas ocurridas durante el proceso y sus respectivas causas. En los insumos se incluyen materias primas, material de empaque y combustibles.

Tomando el ejemplo de la figura 14 donde se hace el diagrama para la operación de mezclado de masa, lo que ingresa son ingredientes y lo que sale es masa lista para formado y horneo, pero también se tienen desperdicios y masa para reproceso, quedando el balance de la siguiente forma:

$$\text{kg. ingredientes} = \text{kg masa lista} + \text{kg reproceso} + \text{kg desperdicio}$$

$$254 \text{ kg} = 251,8 \text{ kg} + 2,0 \text{ kg} + 0,2 \text{ kg}$$

- Balance de masa del agua

Idealmente se recomienda hacer un balance de agua por cada operación en la que se utilice, principalmente tratando de cuantificar el agua utilizada y clasificándola por tipo de actividad, sin embargo, esto no será posible en todos los casos, por lo que un buen inicio es responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el consumo total de agua? Esto puede ser mensual, semanal o incluso diario.
- ¿Cuál es la cantidad de agua que se utiliza en el proceso de producción?
- ¿Cuál es la cantidad de agua total que se desecha a la planta de tratamiento?
- ¿Se cuenta con parámetros físicos y químicos de las aguas residuales?

Después de responder estas preguntas, la empresa debe hacer un esfuerzo por implementar lo necesario para clasificar el agua según su uso, es decir, en el proceso, en la limpieza o para uso del personal.

- Consumo de agua

Partiendo de la conocida frase “lo que no se mide no se puede mejorar”, se debe recalcar la importancia de medir la cantidad de agua que se consume, no solo para cálculo de su costo, si no para identificar el efecto de las implementaciones que se hagan en búsqueda del ahorro.

Como punto de partida se debe considerar como imperativos los siguientes puntos:

- La medición de consumo de agua en la línea de distribución principal, llevando un monitoreo diario, semanal y mensual, de la cantidad de agua utilizada en cada punto.
- Identificar los días de la semana en los que se registra mayor consumo de agua, para definir qué tareas son las que incrementan el consumo.
- Instalar medidores de agua en puntos estratégicos para saber en qué área o proceso se utiliza mayor cantidad de agua.

- Descarga de agua

Para la descarga aunque sería útil cuantificar la cantidad de agua por área de utilización, será suficiente con saber cuánta agua se está descargando al sistema de tratamiento, pero es mucho más importante medir las características del agua que sale del punto de tratamiento, es decir, los valores de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno), pues ambas son indicativo del nivel de contaminación en el agua.

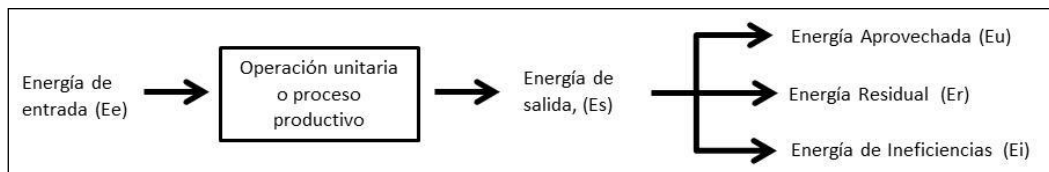
- Balance de energía

El balance de energía puede resultar bastante complicado, sin embargo, se debe hacer un esfuerzo por cuantificar de la manera más exacta las entradas y salidas, en el caso de la energía eléctrica las entradas se pueden calcular a partir de las características de los equipos, como la potencia y voltaje de funcionamiento.

- Energía térmica

Al decir energía térmica, es básicamente la utilizada en los procesos de generación de calor para los hornos, las calderas y el proceso de preparación de azúcar invertido. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se puede visualizar el flujo de energía en un proceso.

Figura 15. **Entradas y salidas de energía en una operación unitaria**



Fuente: *Guía Técnica General de Producción Más Limpia de Bolivia*. p. 58.

La energía de entrada es la equivalente a la energía que provee el combustible utilizado en kilocalorias la cual debe ser igual a la suma de todas las energías de salida, siendo estas:

- La energía útil, la cual es la consumida estrictamente para que ocurra el proceso de transformación de las materias primas el cual puede ser químico o físico, esta puede ser calculada con base en los valores teóricos.
- La energía residual, es la que se pierde como parte del rendimiento térmico de una máquina, ejemplo de ello es la energía que se pierde en los gases de combustión, es decir, los gases de una combustión adecuada y normal.
- La energía de ineficiencias, esta es la energía que se pierde por fugas o fallas del sistema, por ejemplo el calor que se pierde por radiación provocado por la falta de aislamiento de una caldera u horno, la energía que se pierde por mala combustión en un quemador o la energía que se desperdicia por tener encendido un quemador sin carga o exceder el tiempo necesario de calentamiento.

Tomando en cuenta lo indicado respecto de la energía de ineficiencias, en relación a las prácticas operativas, se debe determinar la incidencia de la mano de obra en la ejecución del proceso, si del operario depende el tiempo de duración de la operación que sucede si le da más o menos tiempo, en resumen se debe saber qué controles lleva el operario y determinar cuáles debería llevar, de acuerdo con el manual del fabricante del equipo, para tener bajo control las temperaturas, presiones, velocidades y cualquier variable que pueda afectar el producto final o la eficiencia en el uso de los recursos.



- Energía eléctrica

El costo por consumo de energía eléctrica forma una buena parte de los costos de operación en la mayoría de las industrias, por lo que es conveniente adoptar medidas que incrementen la eficiencia en el uso de este insumo.

El uso de la energía eléctrica para generar potencia, iluminación, aire comprimido, refrigeración y calefacción, tiene un sin fin de posibilidades de mejora, las cuales producirán ahorros que será posible visualizar si se tiene como medir el consumo de forma descentralizada.

El consumo total de energía lo brinda la factura que la empresa debe pagar mensualmente, sin embargo, este dato es demasiado general, por lo que para identificar los puntos de mejora, es necesario descentralizar la medición del consumo, hasta donde sea económica y técnicamente factible.

Se debe identificar los procesos principales y evaluar si es factible instalar medidores de energía eléctrica que permitan monitorear el consumo energético puntual, para cuantificar el efecto de las medidas enfocadas a elevar la eficiencia energética. A menudo el consumo de energía eléctrica en las áreas administrativas se carga al costo de la fábrica pero esto genera un sesgo cuando se quiere cuantificar o evaluar la eficiencia energética.



## **4. IMPLEMENTACIÓN**

En la implementación del programa de Producción más Limpia inicialmente se debe revisar la información recopilada en el cuestionario de diagnóstico, para tener una idea general de la situación actual del proceso e instalaciones.

### **4.1. Evaluación de los resultados del cuestionario de diagnóstico de Producción más Limpia aplicado a la fábrica de galletas**

Dentro de la información expuesta en el capítulo 2, en el cuestionario diagnóstico del apéndice 7 y del recorrido por las instalaciones se deben destacar varios puntos, los cuales son expuestos a continuación:

- La utilización de agua en el proceso de transformación es relativamente baja, pues se utiliza el agua como un ingrediente que se evapora y no sobrepasa el 20 % del total de ingredientes de las fórmulas. La mayor parte de agua se utiliza en tareas de limpieza de equipo e instalaciones y en los servicios sanitarios, actualmente no es posible cuantificar volumen.
- Por la naturaleza del proceso, existe un consumo importante de combustible, tanto gas LP como diésel, en el proceso de horneado la limitante actual es que no se mide el consumo de combustible por cada horno y para cada uno de los procesos auxiliares que consumen combustible como las calderas, las marmitas, etcétera.
- No se lleva medición sobre la cantidad de desechos sólidos generados.

- Se observó en la molienda de azúcar demasiado polvo suspendido en el ambiente y acumulado en el piso.
- El material de empaque de desperdicio es desechado como basura normal, pues a las empresas que podrían reciclar este tipo de material lo rechazan por tener restos de galleta.
- Por ser un proceso de elaboración de alimentos, las Buenas Prácticas de Manufactura dan mucha importancia a la higiene personal, haciendo necesario que el personal se lave las manos frecuentemente, incrementado la cantidad de agua descargada a la planta de tratamiento.

#### **4.2. Descripción de operaciones unitarias principales**

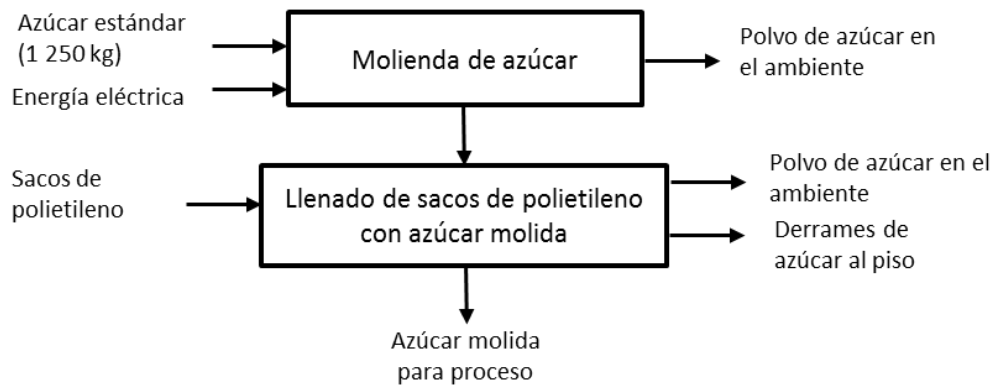
Se describe cada parte principal del proceso, incluyendo todas las operaciones previas que convierten algún ingrediente que sirve como insumo en la línea de producción.

##### **4.2.1. Esquematización de operaciones críticas determinadas**

Se determinó que es necesario esquematizar cada parte principal del proceso, incluyendo las etapas de preparación de ingredientes previas al proceso de producción, siendo estas la molienda de azúcar, la preparación de materias primas y la preparación de azúcar invertida.

- El primer paso de preparación, es la molienda de azúcar, donde se genera mucho polvo suspendido en el ambiente y derrames de azúcar en el piso, por lo que esto se debe considerar como parte de las salidas del proceso, junto con el azúcar molida que va para el área de mezclas.

Figura 16. Diagrama molienda de azúcar



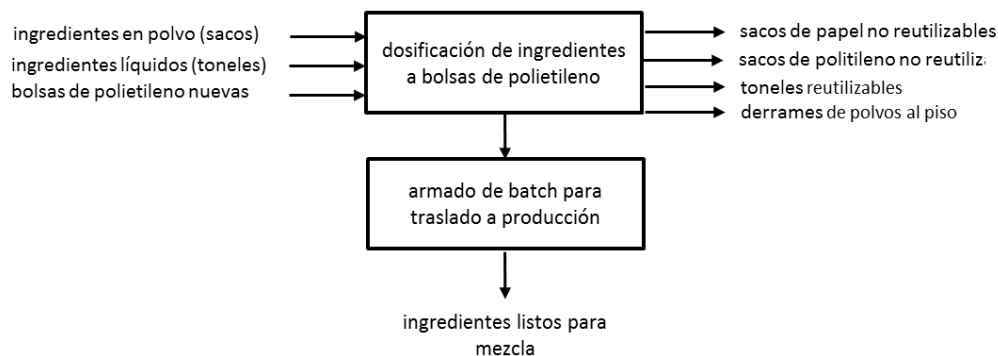
Fuente: elaboración propia.

Para el proceso de molienda de azúcar, se utilizan 3 molinos de distintas capacidades y se deben considerar los siguientes factores.

- El peso real de cada jumbo de azúcar se verifica en el ingreso a la bodega y se anota en la etiqueta de cada uno.
  - La merma generada por el polvo de azúcar expulsado al ambiente y el que se cae al piso, actualmente no es cuantificada.
  - No se sabe el consumo de energía eléctrica en KWH por molino y total del sistema.
  - No se lleva el control del costo por kilogramo de azúcar molida.
- 
- El pesado de microingredientes es otro paso de preparación para las mojudas de producción. En este paso se dosifican los ingredientes en bolsas de polietileno de distintos tamaños según el peso indicado en cada fórmula, para después trasladar lo correspondiente a cada *batch* al área de producción. Se debe mencionar que los derrames de polvos o líquidos en este paso son cercanos a cero, según los resultados mensuales de exactitud de inventarios.

En esta etapa no se generan desperdicios por derrames de materiales, pero si por las bolsas y empaques en donde viene cada uno de los ingredientes que luego se traslada a bolsas pequeñas.

Figura 17. Diagrama de preparación de ingredientes

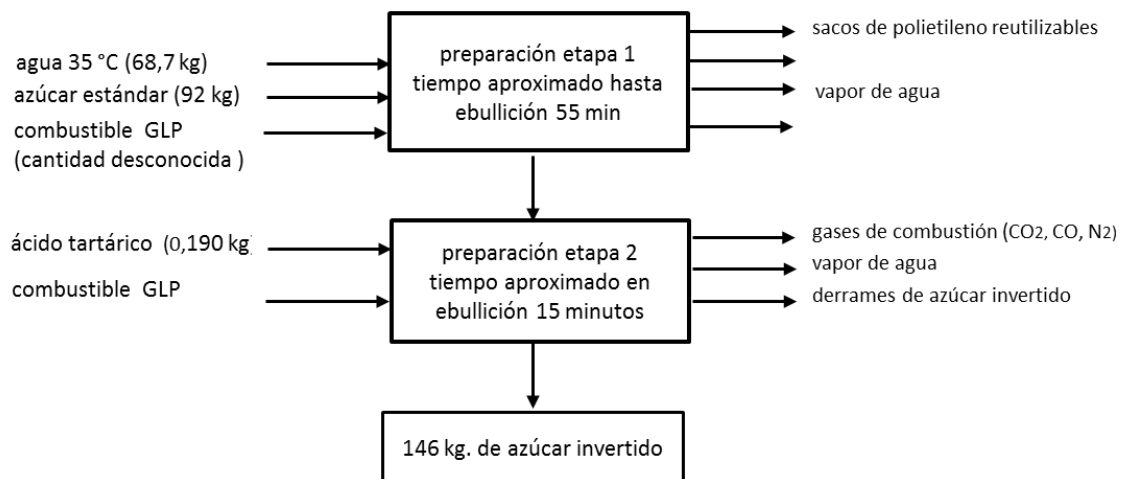


Fuente: elaboración propia.

- El último paso de preparación de ingredientes para proceso, es la preparación de azúcar invertido, del cual se detallan algunos puntos importantes a considerar, para detectar las oportunidades de mejora.
  - Se utiliza agua a temperatura ambiente (25° celsius aproximadamente) a la cual le toma alrededor de 45 minutos llegar a temperatura de ebullición.
  - La olla está abierta al ambiente y no utiliza ningún tipo de aislante, lo que podría facilitar la pérdida de calor del sistema.
  - Actualmente la adición del ácido tartárico a la mezcla, se realiza cuando inicia la ebullición, pero si el operario no se da cuenta cuando esto sucede, el tiempo que se demore en hacer la adición, representará un gasto innecesario de combustible, debido a que sus responsabilidades abarcan otras tareas en el área de mezclas.

- Posterior a la adición del ácido, la mezcla permanece en ebullición el tiempo necesario para que alcance los 72° brix, los cuales indican que el proceso está completo. En este punto una vez más se corre el riesgo de consumir combustible innecesariamente si el operario se demora en detener el proceso por atender otras actividades.
- No se ha implementado ningún sistema para medir el consumo de gas LP, en consecuencia no se sabe el costo de elaboración de cada kilogramo de este compuesto.
- Además de los derrames de azúcar invertida ocasionados por la ebullición y la generación de espuma, se tiene también una merma generada por la evaporación.

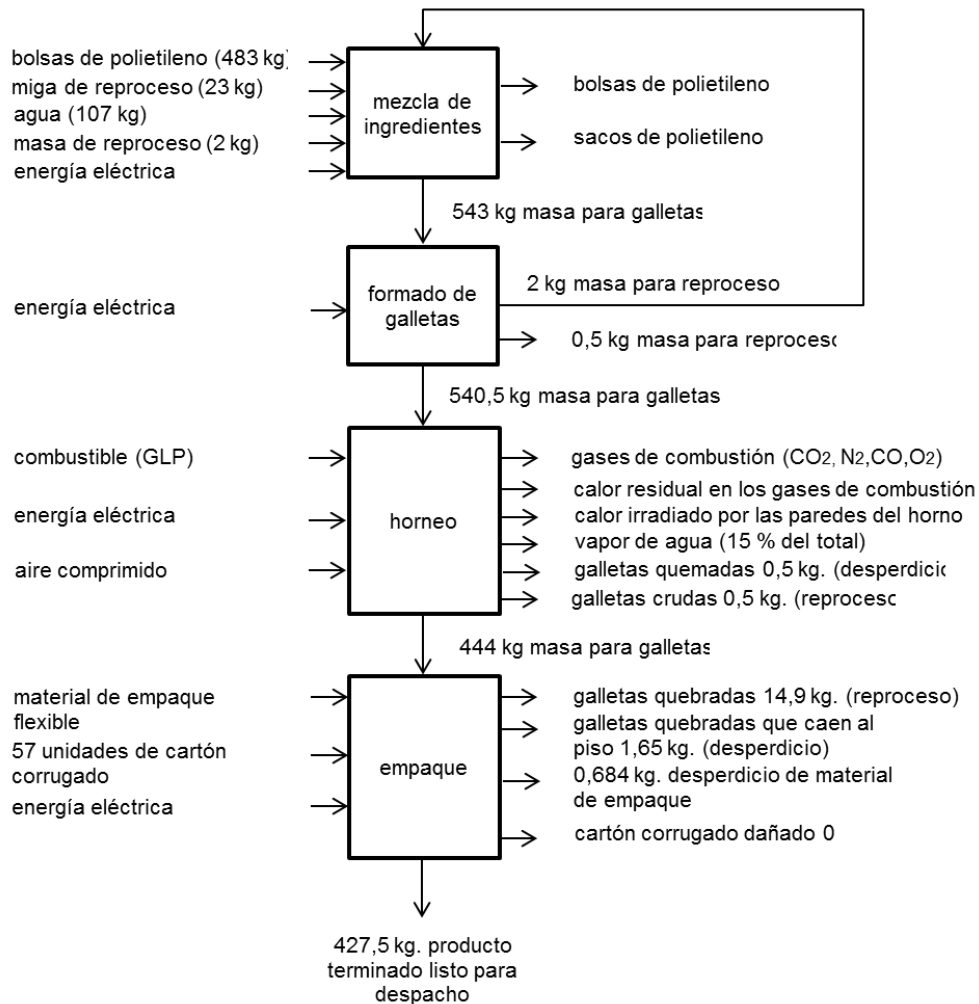
Figura 18. **Diagrama de bloques para preparación de azúcar invertida**



Fuente: elaboración propia.

Al haber revisado las etapas de preparación previa, corresponde el análisis de las operaciones que comprenden el proceso de producción desde la etapa de mezclado, hasta el empaque del producto terminado.

Figura 19. Diagrama de bloques para proceso de producción de galletas



Fuente: elaboración propia.

Al revisar la operación de mezclado y la de formado, se puede observar que las opciones de reducción de desperdicios y ahorro energético son en realidad escasas, pues el único desperdicio son las bolsas de polietileno y el adecuado uso energético se logra simplemente asegurando el correcto funcionamiento de los equipos de mezclado y formado, por lo cual no se consideran como operaciones unitarias críticas.



La primera operación unitaria crítica en la línea de producción es el proceso de horneado, debido al uso de combustible y su consecuente generación de contaminantes del ambiente. El combustible es además uno de los insumos que más impactan en el costo final del producto, por lo que las iniciativas de optimización que se puedan implementar al respecto serán de mucho beneficio para la empresa.

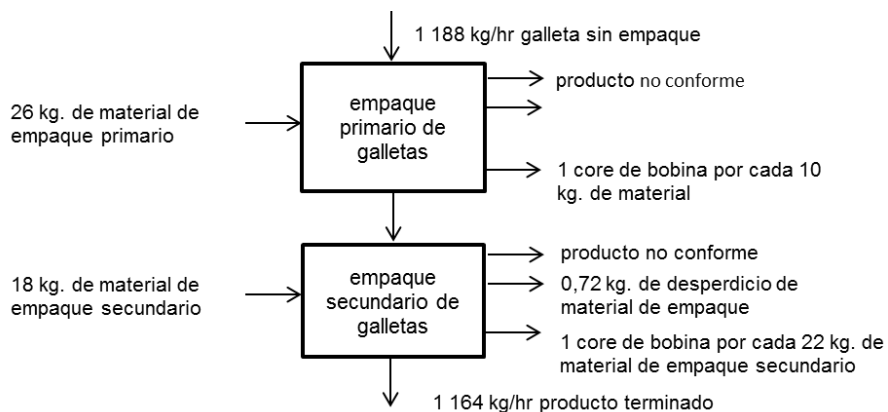
A partir de las observaciones realizadas en el proceso de horneado se describen los siguientes detalles:

- Cada horno necesita cierto tiempo de calentamiento al inicio de la semana de producción. Este tiempo difiere de un horno a otro, sin embargo, todos los hornos se encienden a la misma hora.
- No se tiene como medir el consumo de combustible por cada horno.
- No se mide el consumo de energía eléctrica por cada horno.
- La mezcla de combustión se hace basándose en un porcentaje fijo de aire y combustible, sin tomar en cuenta la eficiencia de la combustión.
- No se realiza medición de los gases de combustión.
- Cuando la línea de producción para por fallas de equipo, no se apaga el horno, pues al momento de arreglar la falla el horno tardaría mucho tiempo para volver a calentar.

Siguiendo con las etapas de proceso, se llega al encremado y empaque del producto, donde en promedio se genera el 1,5 % de miga de la cual el 85 % se reprocesa y el 15 % se vende a las granjas como producto de desecho, siendo así un indicador que ha venido reduciéndose año con año, gracias a la implementación de distintas iniciativas enfocadas principalmente al mantenimiento preventivo.

Es importante resaltar que donde se tiene oportunidad de reducción de desperdicios y ahorro para la empresa, es en la mejora del indicador de desperdicio de material de empaque, por la cantidad de desechos sólidos que representa el empaque primario y secundario del producto. Se debe recopilar la información necesaria para construir una tabla que relacione los kilos de material de desperdicio con los kilos de producto terminado, con esta medición se tendrían cantidades esperadas de desperdicio de material de empaque de acuerdo con los kilos de producto terminado entregado y cualquier variación deberá investigarse para eliminar la causa.

Figura 20. **Diagrama de bloques de proceso de empaque de las galletas**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. **Aplicación de balance de masas a las operaciones definidas**

La función de los balances de masa en este punto, es medir las entradas y las salidas de los procesos, con el objetivo de identificar las oportunidades de mejora y gestionar las actividades que permitan aprovecharlas.

#### 4.2.2.1. Molienda de azúcar

El balance de masa consistirá en comparar los kilogramos de azúcar que ingresan al sistema de molinos con los kilogramos de azúcar molida que salen y la diferencia obviamente serán los kilogramos perdidos por ineficiencias.

Tabla II. **Balance de masa de la molienda de azúcar**

Molienda de azúcar (datos promedio de una hora de molienda)

Molinos	ENTRADAS	SALIDAS	
	Kg azúcar/hr	Azúcar molido	Diferencia kg de azúcar
Molino 1	1 250	1 240	10
Molino 2	833	827	6
Molino 3	417	414	3
Total	2 500	2 481	19

Fuente: elaboración propia.

En el caso de la energía eléctrica utilizada para mover los molinos, se realizará un balance del consumo energético iniciando con la recopilación de información que indique el consumo de energía en kWh por kilogramo de azúcar molida.

Una limitante importante que se tiene para realizar el trabajo indicado es que actualmente no se cuenta con un medidor de energía eléctrica específico para el proceso de molienda de azúcar, pero se puede evaluar la opción de subcontratar la medición para hacer el estudio durante un período de tiempo determinado.

Al tener definida la forma de tomar las lecturas de consumo se puede utilizar la tabla II como ejemplo de un formato para recopilar la información para cada molino.

Tabla III. **Registro de consumo de energía eléctrica por cada molino**

Fecha	Molino No. ____		
	Consumo Eléctrico (kWh)	Cantidad de azúcar molida (kg)	Consumo específico (kWh/kg. azúcar)
día 1			
día 2			
día n			

Fuente: elaboración propia.

Al haber realizado la recopilación de los datos de consumo de energía eléctrica en cada uno de los molinos, se procede a realizar el balance de energía eléctrica. Los datos que se recopilen puede ser que den consumos diferentes de un día a otro, por lo que la tarea debería consistir en detectar las variables que influyen en las diferencias, sean estas favorables o desfavorables.

Para evidenciar la importancia de instalar un medidor de energía en el proceso de molienda, se hizo una medición del consumo de energía eléctrica de cada uno de los molinos utilizando un amperímetro de gancho como el mostrado en la figura 20 y se hizo el cálculo teórico del consumo, asumiendo un factor de potencia de 0,8 y una eficiencia de 0,85 a un voltaje de 220 voltios.

Tabla IV. **Cálculo teórico del consumo de energía de cada molino**

Equipo	I	V	KWH	Capacidad TM/hr.	Consumo específico (kWh/TM)
Molino 1	19,3	220	5,0009	1,2500	4,0007
molino 2	22,4	220	5,8042	0,8330	6,9678
molino 3	14,8	220	3,8348	0,4170	9,1964

Fuente: elaboración propia.

Es útil hacer una relación consumo de energía por cantidad de azúcar procesada, para determinar costo de molienda por molino, así como, detectar pérdida de eficiencia por fallas mecánicas en el motor o de problemas en la operación de los molinos.

Figura 21. **Amperímetro de gancho**



Fuente: www.fluke.com. [Consulta: marzo de 2012].

#### 4.2.2.2. Preparación de azúcar invertido

Para realizar el balance de masa y energía del proceso de preparación de azúcar invertido, se hicieron varias mediciones realizando el proceso con el método actual, con el objetivo de determinar con la mayor exactitud posible los tiempos y mermas del proceso.

Para iniciar con el balance de masa se presenta en la tabla V, la información relativa al método actual, la cual refuerza la información presentada en el diagrama de flujo.

Tabla V. **Condiciones del método actual de preparación de azúcar invertido**

Cantidad de agua (kg)	68,70
Cantidad de azúcar (kg)	100,00
Cantidad de ácido tartárico (kg)	0,19
Masa inicial de la mezcla (kg)	168,89
Volumen total de agua + azúcar (lt)	132,80
Volumen final azúcar invertido (lt)	114,50
Masa final de azúcar invertido (kg)	146,20
Densidad inicial mezcla (g/ml)	1,27
Densidad final azúcar invertido (g/ml)	1,33

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la tabla V, fueron promediados de varias mediciones realizadas bajo condiciones de operación similares para tener la menor cantidad de variación.

Tabla VI. **Balance de masa del proceso de azúcar invertido**

	Entradas			Salidas		
	Agua a 25° C (kg)	Azúcar Blanca sin refinar (kg)	Acido Tartárico (kg)	Azucar Invertido (kg)	Merzas por evaporación (kg)	Derrames (kg)
Etapa 1 (35 min)	68,7	92,0				
Etapa 2 (40 min)			0,190	146,2	14,7	
Totales			0,0			160,9

Fuente: elaboración propia.

En el balance de masa del proceso, se tiene como única merma la evaporación de agua, que sucede desde que inicia la ebullición y se adiciona el ácido a la mezcla. Se descartan derrames accidentales.

Para realizar el balance de energía del proceso, se aplica la ecuación que indica que la energía de entrada debe ser igual a la energía utilizada más la energía de ineficiencias y la energía residual, por lo cual el siguiente paso será el cálculo teórico de cada uno de estos tipos de energía.

Sabiendo que el gas licuado de petróleo tiene un poder calorífico bruto de 50 036 kJ/kg, pero debido a la presencia de hidrógeno que al mezclarse con el oxígeno forma agua que es expulsada en forma de vapor, se debe utilizar el poder calorífico neto el cual es aproximadamente 10 % más bajo entonces:

$$Q = m * pcb * (1 - 0,9)$$

$$Q = m * pcn$$

Donde m= es la cantidad de combustible en kilogramos

pcb = poder calorífico bruto

pcn = poder calorífico neto

Actualmente, no se tiene un medidor de combustible para el proceso de azúcar invertida, por lo cual no se tiene la cantidad de energía de entrada y solo se deja indicada y de esa forma quedará en el balance de energía.

Para el cálculo de la energía utilizada se debe encontrar inicialmente la cantidad de calor utilizado para calentar la mezcla hasta la temperatura de ebullición y luego la energía utilizada mientras se realiza la hidrólisis, para esto se necesita saber el comportamiento del proceso en el tiempo.

Tabla VII. **Tiempos del proceso de preparación de azúcar invertido**

Tiempo t en minutos	Temperatura T en °C	
	Prueba 1	Prueba 2
0	26,3	29,4
10	29,1	30,7
20	87,1	86,0
30	88,7	88,0
40	94,5	93,3
50	97,8	97,8

Fuente: elaboración propia.

Al inicio, la temperatura entre el agua y el azúcar se equilibra y el calor remanente de la olla de preparación se transfiere a la mezcla, por lo que en los primeros 20 minutos el ritmo de incremento es mayor que al final. En los últimos 15 minutos el incremento de temperatura es de 11° Celsius en promedio, dato que se utilizará para el cálculo de calor necesario para llevar a ebullición la mezcla. Para hacer el cálculo se puede utilizar la fórmula

$$Q = m * Ce * \Delta T.$$

Donde:



$m$  = masa y está dada en kilogramos

$C_e$  = calor específico y está dado en  $\text{KJ} / (\text{kg} \times ^\circ\text{C})$

$\Delta t$  = diferencia de temperatura en  $^\circ\text{C}$

No se sabe el valor del calor específico de la mezcla agua-azúcar pero se sabe el dato correspondiente al agua se puede encontrar de manera teórica. Partiendo de la información obtenida en pruebas realizadas, donde se calentaron 168,7 kilogramos de agua durante 15 minutos iniciando desde una temperatura de  $48,3^\circ$  Celsius, utilizando la fórmula anterior y considerando que el calor específico del agua es de  $4,2 \text{ KJ} / (\text{kg} \times ^\circ\text{C})$ , se obtuvo lo siguiente:

Con

$$m = 168,7 \text{ kilogramos}$$

$$C_e = 4,2 \text{ KJ} / (\text{kg} \times ^\circ\text{C})$$

$$\Delta t = 93,0 - 48,3 = 44,7 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 168,7 \text{ kg} * (4,2 \text{ KJ} \div (\text{kg} * ^\circ\text{C})) * 44,7 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 31\,671,74 \text{ KJ}$$

Con el dato  $Q$  obtenido en la operación anterior, se despeja  $C$  de la fórmula para encontrar un dato teórico de calor específico de la mezcla agua y azúcar:

$$C_e = Q \div (m * \Delta T)$$

En la tabla VII se visualiza que el incremento promedio de temperatura del minuto 20 al 35 es de  $11,0 ^\circ\text{C}$ , si se considera que la llama de la hornilla de preparación funciona de manera consistente, se puede asumir que se utiliza la misma cantidad de calor  $Q$  que en los 15 minutos utilizados para calentar agua.

Entonces tomando los siguientes datos:

$$Q = 31\,671,74 \text{ KJ}$$

$$m = 160,7 \text{ kilogramos}$$

$$\Delta T = 11 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_e = \frac{31\,671,74 \text{ KJ}}{(160,7 \text{ kilogramos} \times 11,0 \text{ }^\circ\text{C})}$$

$$C_e = 17,92 \text{ KJ} / (\text{kg} \times \text{ }^\circ\text{C})$$

Con el dato de calor específico de la mezcla agua + azúcar se puede proceder a calcular teóricamente también, la energía utilizada para la primera parte del proceso, es decir, desde la temperatura inicial hasta ebullición (calor sensible), pues la segunda parte no se puede hacer con la misma fórmula debido a que no se tiene un cambio de temperatura, sino un cambio de fase como lo es el proceso de evaporación (calor latente).

Utilizando nuevamente la fórmula  $Q = m * C_e * \Delta T$ , con los datos promedio de las mediciones realizadas se tiene que:

$$m = 160,89 \text{ kg.}$$

$$C_e = \frac{17,92 \text{ KJ}}{(\text{kg} * \text{ }^\circ\text{C})}$$

$$\Delta T = 69,9^\circ\text{C}$$

$$Q = 160,89 \text{ kg} * \left( 17,92 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \times \text{ }^\circ\text{C}} \right) * 70,1^\circ\text{C}$$

$$Q = 201\,532,1 \text{ KJ}$$

Si se considera que 1,055 KJ es equivalente a 1 BTU, entonces

$$Q = 191\,025,69 \text{ BTU}$$

Para el cálculo del calor latente se parte de los siguientes datos, utilizando la fórmula  $L_v = \left(\frac{t_2}{t_1}\right) \times C_e \times (T_f - T_o)$  dado en KJ/kg

Donde:

$T_o = 27,9^\circ\text{C}$  temperatura promedio inicial del proceso

$T_f = 97,8^\circ\text{C}$  temperatura máxima alcanzada

$t_1 = 35$  minutos tiempo donde se inicia la ebullición

$t_2 = 75$  minutos tiempo necesario para finalizar el proceso

Colocando los datos en la fórmula:

$$L_v = \left(\frac{75}{35}\right) \times \frac{17,92\text{kJ}}{\text{kg} \times ^\circ\text{C}} \times (97,8 - 27,9)^\circ\text{C}$$

$$L_v = 629,1 \text{ kJ/kg} \approx 2\,684,15 \text{ BTU/kg}$$

El resultado anterior se multiplica por 14,69 kg. de agua evaporada

$$\text{Calor latente} = 2\,684,15 \frac{\text{BTU}}{\text{kg}} \times 14,69 \text{ kg} = 39\,403,3 \text{ BTU}$$

Para calcular la energía de ineficiencias se tiene que considerar el calor irradiado por el sistema hacia el ambiente y la pérdida de calor en los gases de combustión. Para calcular teóricamente la cantidad de calor irradiado hacia el ambiente, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$P = 3A (t_2 - t_1)^{1,25}$$

Donde:

P = potencia

A = área en  $m^2$

$t_1$  = temperatura ambiente

$t_2$  = temperatura promedio de la superficie

La superficie de la olla más la estructura sobre la que está montada es:

A = área de la olla (perímetro del cilindro por la altura) + área de la estructura  
(4 lados de 0,8 m x 0,55 m)

$$A = 2,40 m \times 0,5 m + 4 \times 0,80 m \times 0,55 m = 2,96 m^2$$

$$T1 = 28 \text{ } ^\circ C \text{ y } T2 = 90 \text{ } ^\circ C$$

Entonces el cálculo es:

$$P = 3 (2,96 m^2) \times (90 - 28)^{1,25} \text{ } ^\circ C$$

$$P = 1\,545 \text{ kW}$$

Si un btu equivale a 0,000293 kw entonces  $P = 5\,273 \text{ BTU}$

Tabla VIII. **Balance de Energía del proceso de preparación de azúcar invertido**

	Entradas	Salidas			
Tipo de energía	Energía del combustible	Calor Sensible (Calor utilizado para llevar la mezcla a ebullición)	Calor Latente (Energía utilizada para evaporar 22.7 kg. de agua)	Energía de Ineficiencias (Calor irradiado al ambiente)	Energía Residual
Cantidad	272 688,0	191 025,7	39 430,3	5 273,0	36 959,3

Fuente: elaboración propia.

Debido a no contar con un medidor de combustible en esta estación de trabajo se realizó una medición por diferencias en la lectura de los tanques de almacenamiento y se determinó que el consumo promedio en la preparación de un *batch* es de 2,8 galones de GLP.

#### 4.2.2.3. Balance de masa y energía del proceso de horneado de producto

En cuanto al balance de masa del proceso de horneado, se encuentra como una tarea relativamente sencilla, pues es bastante práctico medir cuántos kilogramos de materia prima en base seca ingresan, es decir, descartando la humedad y luego medir cuántos kilogramos de producto se obtienen, pues son actividades que actualmente ya se realizan para mantener el proceso bajo control.

Se debe saber que aparte del agua que se aplica en la mezcla, algunos ingredientes tienen cierta cantidad de agua que se pierde durante el horneado, de hecho la galleta horneada solo presenta en promedio 2 % de humedad.

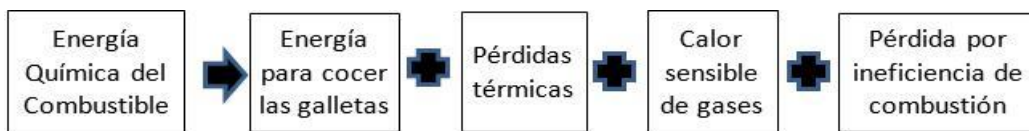
Tabla IX. Balance de masa del proceso de horneado

Entradas	Salidas			
Galleta cruda (kg)	Galleta horneada (kg)	Miga para reproceso (kg)	Miga para la venta (kg)	Agua evaporada (kg)
540,5	444,0	0,5	0,5	95,5
				540,5

Fuente: elaboración propia.

Luego del balance de masa viene el balance de energía, el cual para cualquiera de los hornos de la fábrica de galletas, debe tomar como base que la energía de entrada es igual a la energía de salida. Aplicando dicho enunciado se quedaría de la siguiente forma:

Figura 22. **Relación de la energía de entrada y energía de salida**



Fuente: elaboración propia.

La energía química del combustible, viene dada por la cantidad de combustible utilizada por hora de funcionamiento de cada horno y al final de la semana de producción, multiplicando esa cantidad por el poder calorífico del combustible.

La tabla que se muestra a continuación puede servir como referencia para dichos cálculos.

Tabla X. **Poder calorífico de gas LP y diésel en kcal y BTU**

Combustible	Poder Calorífico	
	kcal/kg	btu/kg
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	11 951 kcal/kg	47 424 btu/kg
Diésel	10 700 kcal/kg	42 460 btu/kg

Fuente: [www.energia.mecon.gov.ar](http://www.energia.mecon.gov.ar). [Consulta: marzo de 2012].

Debido a que actualmente no es posible medir el consumo de combustible por línea, se han estado realizando pruebas con medidores volumétricos, los cuales tienen la desventaja que sus lecturas están en pies cúbicos y para hacer la conversión a galones se debe encontrar un factor de conversión que está afectado por temperatura ambiente, presión atmosférica y presión de trabajo.

Para el caso de las galletas crackers fabricadas en las líneas 2, 3 y la línea 6 que produce galleta tipo waffle, cuyos hornos funcionan a base de GLP, se puede estimar el consumo de combustible por línea, asociando el consumo total, a la producción mensual en kilogramos por línea y utilizar el álgebra matricial para obtener cuánto consume cada línea.

La fórmula a utilizar sería:

$$(X) * (kg.L1) + (Y) * (kg.L2) + (Z) * (kg.L3) = consumo combustible$$

Donde X, Y & Z, son el consumo de combustible por kilogramo producido en las líneas 2, 3 y 6, respectivamente. El siguiente paso es armar una matriz con los datos de producción por línea de un trimestre, tal como se muestra a continuación:

Tabla XI. **Resumen de producción mensual y consumo de combustible**

Producción mensual trimestre mayo-julio	kilogramos producidos por horno			Consumo mensual GLP (galones)
	horno 2	horno 3	horno 6	
mayo	164 410	237 115	75 040	23 556
junio	234 592	305 223	85 772	29 868
julio	189 139	249 970	95 286	26 752

Fuente: elaboración propia.

Al resolver la matriz de 3 x 3, da como resultado que el consumo promedio de GLP por kilo de galleta horneada es de:

Horno 2	0,02414 galones
Horno 3	0,05278 galones
Horno 6	0,09436 galones

Haciendo el análisis para el horno 3, se determinó que consume en promedio 37 galones de combustible por hora y considerando que un galón de GLP es equivalente a 2,0439 kilogramos entonces el consumo equivalente es de 75,6243 kilogramos de GLP y al utilizar la información de la tabla X, la cual indica que cada kilogramo de GLP proporciona 47 424 BTU se obtiene que el horno recibe 3 586 406 BTU/hora.

La energía demandada por el horno, se puede calcular del calor proporcionado por los quemadores, para lo cual según la información del fabricante de los quemadores, indica que un quemador con tubo de 1 pulgadas de diámetro y 40 pulgadas de largo proporciona en una hora 1 000 BTU por cada pulgada de longitud, es decir, 40 000 BTU/hora. El horno tiene 70 quemadores funcionando lo que hace 2 800 000 BTU proporcionados por los quemadores.

Según el fabricante de hornos, del calor proporcionado por los quemadores, un 4,5 % corresponde a la pérdida de calor por las paredes del horno, mientras que un 30 % se expulsa al ambiente por las chimeneas.



Al hacer el cálculo da como resultado 126 000 BTU como la cantidad de calor que se irradia al ambiente y 840 000 BTU como el calor expulsado por las chimeneas. Hay que tomar en cuenta que este dato contempla un aislamiento de horno adecuado, si este se deteriora la pérdida aumenta.

Para determinar la pérdida de energía por mala combustión, es necesario disponer de equipo para análisis de los gases de combustión, que proporcione los datos con los cuales se debe realizar el cálculo, pues dependiendo de la composición de gases de combustión y su temperatura se puede calcular el % de pérdida de eficiencia.

Para comenzar es importante mencionar que cuando la temperatura de los gases de salida está en el orden de los 400° Celsius la eficiencia en el aprovechamiento de calor oscila alrededor del 85 % y este porcentaje disminuye aproximadamente 10 puntos por cada 200 grados de aumento de temperatura en los gases de salida.

Suponiendo que los valores actuales están dentro del rango esperado y que la eficiencia de la combustión tenga como mínimo 85 %, la pérdida equivalente al 15 % es de 537 960 BTU/hora.

Al realizar un balance de energía, la suma de las salidas difícilmente será igual la energía de entrada, debido a las diferentes variables que pueden afectar cada dato, pues la energía del combustible depende de la proporción butano/propano, la energía irradiada del tipo de aislamiento y la energía expulsada al ambiente de la abertura de los extractores, etcétera.

Tabla XII. **Valores esperados en el análisis de gases de combustión**

Parámetro	Valor recomendado	
	Diesel	GLP
Oxígeno	3 %	3 %
Dióxido de Carbono	11,5 - 12,8 %	10 %
Monóxido de Carbono	< 400 ppm	< 400 ppm
Exceso de Aire	15 -20 %	15%
Temperatura de gases	400 °C	400 °C
Eficiencia de Combustión (esperada)	88 %	88 %

Fuente: [www.academiatesto.com.ar](http://www.academiatesto.com.ar). [Consulta: marzo de 2012].

En este caso la diferencia es de 7 %, atribuible a cualquiera de los factores mencionados, cada uno de las causas debe ser manejada de distinta forma, con ajuste de presión aire-combustible, mejoras en el aislamiento, ajuste de extracción, etcétera.

Tabla XIII. **Balance de energía de horno de gas LP**

Entrada (BTU)	Salidas (BTU)			
Energía suministrada por combustible (37 galones/hora)	Energía utilizada para horneado	Energía perdida por mala combustión	Energía perdida por mala combustión	Energía expulsada al ambiente por las chimeneas
3 586 406	1 834 000	537 960	126 000	840 000
				3 337 960

Fuente: elaboración propia.

### **4.3 Identificación de oportunidades de Producción más Limpia, factibles de implementar en las operaciones definidas**

Las oportunidades de mejora identificadas son producto del análisis que se realiza de los diagramas de flujo y de los balances de materia y energía, de las cuales algunas son de fácil implementación y para otras se necesita inversión y análisis de factibilidad que justifiquen su implementación.

#### **4.3.1. Molienda de azúcar**

Dentro de las mejoras propuestas en la molienda de azúcar se mencionan las enfocadas en reducir el desperdicio y hacer más eficiente el uso de la energía eléctrica, además al reducir el polvo de azúcar suspendido en el ambiente, el beneficio será también para la salud del personal operativo.

Según el balance de materiales de la molienda de azúcar, el desperdicio no sobrepasa el 0,4 %, sin embargo, si se considera que actualmente se muelen en promedio 25 000 kilogramos de azúcar diarios, el 0,4 % representa un desperdicio de 125 kilogramos de azúcar diarios, que en 24 días de producción al mes representan 3 000 kilogramos perdidos, con un costo al por mayor de US\$ 0,78 por kilogramo, equivale a un incremento en el costo de US\$2 340.

Es importante identificar las causas de desperdicio e implementar mejoras, monitoreando los resultados después de cada mejora puesta en marcha. A continuación se presenta una serie de mejoras propuestas por el equipo de mantenimiento y el personal que lleva a cabo la tarea de molienda.

En el caso del azúcar suspendido en el ambiente, ocasionado por que el sistema de llenado de sacos permite que partículas de azúcar salgan al ambiente:

- Hermetizar el área inferior del molino, justo debajo de la cámara de trituración, para que el polvo de azúcar quede atrapado en el fondo y evitar que salga al ambiente.
- Mejorar la forma en que se sujeta el saco a la manga del molino para que no existan espacios por donde se fugue el polvo de azúcar.
- Implementar una bandeja en la parte inferior del molino para recoger el azúcar y evitar que caiga al piso.
- Hacer más alta la orilla de la tolva del molino, para evitar derrames cuando esta se llena en exceso.

La humedad del azúcar provoca que esta se pegue a las paredes del jumbo y se desprende en el momento de soltar el jumbo de la grúa. Lo indicado sería rechazar los lotes de azúcar que superen los límites establecidos de humedad en la recepción.

Para el azúcar que se sale por la punta del tornillo sinfin, se debe al deterioro de los bujes, por lo que se debe revisar el plan de mantenimiento preventivo de dichas piezas, evaluando su tiempo de duración promedio y considerando la disminución de los tiempos de cambio.

#### **4.3.2. Proceso de preparación de azúcar invertido**

Los datos de la tabla XIV, son el resultado de los cambios sugeridos para el proceso, en los cuales no se afectan las características del producto final. Los cambios sugeridos se detallan a continuación:

- Adicionar el ácido tartárico cuando la mezcla agua-azúcar supere los 75° celsius, la cual es una temperatura adecuada para iniciar la hidrólisis, el tiempo de hidrólisis no disminuye, pero inicia antes de la ebullición propiciado que se reduzca la cantidad de agua evaporada innecesariamente en 13,7 kilogramos.
- Evaluar la implementación de un termómetro en la olla de preparación para el monitoreo de la temperatura de la mezcla y determinar con mayor exactitud el momento en que se debe agregar el ácido tartárico.
- Evaluar instalar una alarma visual que sea accionada por un sensor de temperatura, que avise al operario cuando la mezcla agua y azúcar ha alcanzado la temperatura apropiada para adicionar el ácido tartárico.
- Reducir la cantidad de agua al *batch* en 13,5 kilogramos para compensar la relación agua/azúcar final, debido a la reducción de la cantidad de agua evaporada.
- Aprovechar el calor de los hornos o de las calderas, para iniciar el proceso de preparación de azúcar invertida con agua arriba de los 55° celsius, como mínimo se reduce en 20 minutos el proceso.
- Implementar el uso de temporizadores con alarma, que indiquen al operario encargado de la preparación cuando haya pasado el tiempo necesario para realizar la hidrólisis, evitando así el gasto innecesario de energía calórica al extender más de la cuenta el tiempo de preparación.
- Considerar la implementación de un agitador a la olla de preparación para homogenizar la mezcla y asegurar las condiciones para que alcance las características finales esperadas en menor tiempo.

Tabla XIV. **Balance de energía del proceso de preparación de azúcar invertido al implementar los cambios**

	Entradas	Salidas			
Tipo de energía	Energía del combustible	Calor Sensible (Calor utilizado para llevar la mezcla a ebullición)	Calor Latente (Energía utilizada para evaporar 2.1 kg. de agua)	Energía de Ineficiencias (Calor irradiado al ambiente)	Energía Residual
Cantidad		184 383,9	1 311,0	5 273,0	

Fuente: elaboración propia.

Para comprender mejor las ventajas de los cambios al método de preparación se incluye la tabla XV donde se hace una comparación de las condiciones del método actual y propuesto.

Tabla XV. **Comparación entre el método actual y el propuesto para la preparación de azúcar invertida**

Condiciones	Método	
	Actual	Propuesto
Temperatura inicial de la mezcla °C	27,9	97,8
Cantidad de agua (kg)	68,7	55,0
Cantidad de azúcar (kg)	92,0	92,0
Cantidad de ácido tartárico (kg)	0,19	0,19
Masa inicial de la mezcla (kg)	160,89	147,19
Volumen total del agua + azúcar (lt)	132,80	119,10
Volumen final de azúcar invertido (lt)	114,50	109,92
Masa final de azúcar invertido (kg)	146,20	145,10
Densidad inicial de la mezcla (g/ml)	1,21	1,21
Densidad final azúcar invertido (g/ml)	1,33	1,32

Fuente: elaboración propia.

También se propone una serie de mejoras en el diseño del equipo para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento del calor transmitido a la olla de preparación y por seguridad del personal.

- Instalar un medidor de gas flujo másico para gas LP en la entrada a la olla de preparación de azúcar invertido, para determinar el consumo por tiempo o por *batch* y completar la información para el balance de energía.
- Utilizar un quemador en espiral, que cubra una mayor área, debido a que el actual es un quemador de 4 pulgadas de diámetro, lo cual es un área demasiado pequeña comparado con la base de la olla y es necesario tener una llama grande para abarcar toda la superficie inferior de la olla, pero eso hace que se desperdicie calor en las paredes de la hoguera.
- Implementar doble pared en la hoguera para utilizar algún tipo de material aislante que disminuya la cantidad de calor que se expulsa al ambiente por las paredes de la hoguera.
- Evaluar la factibilidad de utilizar una olla con algún tipo de aislamiento para reducir la pérdida de calor y hacer que la temperatura de la mezcla se eleve en menor tiempo.
- Implementar un sistema de encendido automático que no necesite que el personal acerque las manos al quemador al momento de encenderlo.

#### **4.3.3. Mejoras en el proceso de horneado**

- Instalar medidores de flujo másico en todos los hornos, para determinar los kilogramos de producto que se hornean por unidad de combustible utilizado. Esto además de ayudar a mejorar el costeo, servirá para evaluar el desempeño de cada horno y el resultado de las mejoras realizadas o bien ayudará a identificar problemas en la calidad de los combustibles comprados.

- Mantener control sobre el 15 % de exceso de aire, debido a que el exceso de aire es causa de ineficiencia energética, pues el exceso es igualmente una carga que necesita ser calentada. Por otra parte por debajo de ese número se incrementa la cantidad de combustible sin quemar, esta acumulación representa riesgo de explosión en la cámara del horno.
- Se deber monitorear y evitar el aumento progresivo en la temperatura de los humos de escape, debido a que esto disminuye la eficiencia de la combustión pero también es un indicador de exceso de hollín en el quemador y chimeneas.
- Adquirir equipo o subcontratar el servicio, para medir periódicamente la composición de los gases de salida, el equipo de análisis debería ser capaz de medir la concentración de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub>; los primeros están relacionados con la eficiencia de la combustión.
- Mantener estricto control sobre la presencia de monóxido de carbono (CO) en los gases de combustión, por ser un indicativo de pérdida de eficiencia, debido a que su generación es endotérmica, es decir, que cuando se genera CO se consume energía en lugar de generarla. Sin embargo, lo más crítico de la generación de CO es que es un gas sumamente peligroso y difícil de detectar sin el uso de instrumentos.  
La exposición a este gas según su concentración y período de exposición puede causar incluso la muerte, por lo tanto no debería de exceder las 35 ppm en un ambiente cerrado, según la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Ambiente EPA (US Environmental Protection Agency).
- Gestionar adecuadamente el funcionamiento de los hornos, para mantener controlados los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, pues tampoco son deseables debido al severo daño que ocasionan al medioambiente, como resultado de la formación de ácidos en la atmósfera, lo que contribuye a la creación de lluvia ácida.



Adicionalmente se presenta una tabla que puede ayudar a interpretar la información del análisis y a definir los ajustes que se deben hacer para mejorar la eficiencia de la combustión.

Tabla XVI. **Interpretación de los resultados del análisis de combustión**

O <sub>2</sub>	CO	Eficiencia	°C Humos	Problema	Solución
↑	↓	↓	↑	Alto exceso de aire o falta de combustible	Ajuste de cantidad de aire o combustible
↑	↑	↓	↑	Problemas en el quemador	Revisar y ajustar el quemador
↓	↑	★	↓	Alto exceso de aire y exceso de combustible	Disminuir aporte de aire y de combustible
★	★	↓	↑	Suciedad de quemador o de chimeneas	Limpiar y retirar hollín
★	↑	★	★	Calidad de combustible deficiente	Regular combustible y/o cambiar atomizador
★	★	★	★	Ninguno	Combustión y sistema eficiente

Fuente: [www.mercagas.es](http://www.mercagas.es). Consulta: marzo de 2012.

En cuanto a las mejoras operativas, se puede mencionar:

- Hacer mediciones de incremento de temperatura en el encendido de los hornos para determinar la hora adecuada de encendido, tomando en cuenta el tiempo que tarda en llegar a la temperatura de trabajo y la hora en que cada línea debe iniciar a funcionar, con esto se evitará que el horno se encienda antes de la hora adecuada.

- Considerar la posibilidad de apagar el horno o reducir la temperatura, cuando se tenga una falla en otra parte de la línea de producción que detenga el proceso y que pudiera tomar mucho tiempo reparar, de esa forma reducir el gasto innecesario de combustible.
- Evitar mantener un nivel de extracción extremadamente alto en el horno, para evitar la pérdida excesiva de calor al ambiente. El porcentaje recomendado por el fabricante es una abertura del 50 %.
- Vigilar el tamaño forma y color de la llama, este puede ser un indicativo de mala combustión, adicionalmente revisar y limpiar boquillas periódicamente.

#### **4.4. Análisis del manejo de agua en la planta de producción**

El manejo de agua es otro tema importante a nivel industrial y más aun tratándose de la industria de alimentos, pues la limpieza de las instalaciones requiere por lo regular mayor cantidad de agua, además debido a las buenas prácticas de manufactura, cada persona se lava las manos en promedio 10 veces diarias.

El agua utilizada en la planta se obtiene de un pozo ubicado dentro de las instalaciones de la empresa. En el proceso se utiliza poca agua como parte de los ingredientes y la mayor parte se utiliza para tareas de limpieza de equipo y de pisos, para las estaciones de lavado de manos ubicadas en los ingresos a la planta y para los servicios sanitarios.

#### 4.4.1. Cuantificación del consumo de agua en volumen y costo

Para calcular la cantidad de agua utilizada en la planta, se debe instalar un contador en la salida del cisterna, sin embargo, actualmente se tiene instalado un contador de horas que lleva la cuenta del tiempo de funcionamiento de la bomba de extracción de agua del pozo, en el último aforo se determinó que bombea 3,4 litros de agua por segundo y funciona 4,5 horas al día, dando como resultado un consumo aproximado diario de 55 080 litros.

La mayor parte del agua utilizada es para realizar tareas de limpieza y solo un bajo porcentaje es utilizado como parte de los ingredientes en las recetas de los productos. El consumo promedio de agua en el proceso, se da de acuerdo con lo indicado en la tabla XVII, las cantidades consumidas serán menores si no funcionan todas las líneas.

Tabla XVII. Consumo de agua en el proceso de mezclado

Linea	Consumo por hora (litros)	Consumo diario (litros)	Consumo semanal (litros)
1	84,0	2 016,0	11 491,2
2	144,0	3 456,0	19 699,2
3	90,0	2 160,0	12 312,0
4	63,0	1 512,0	8 618,4
5	63,0	1 512,0	8 618,4
6/7	36,0	864,0	4 924,8
8	20,0	480,0	2 736,0
Azúcar invertida	68,7	1 648,0	9 398,2
Total	568,7	13 648,8	77 798,2

Fuente: elaboración propia.

El mayor consumo lo representan las actividades de limpieza de equipo e instalaciones, las estaciones de lavado de manos y los servicios sanitarios. En la tabla de consumos se enumera los usos que se le da al agua en la planta con la cantidad aproximada de litros utilizados según el tipo de actividad, lo cual es solo un estimado que deberá ser corroborado utilizando medidores de caudal en los puntos de mayor uso.

El costo asociado a la extracción y distribución del agua, vendrá dado por el costo de la energía eléctrica utilizada para extraer el agua del pozo y el posterior bombeo hasta las estaciones de uso. Para extraer el agua se utiliza una bomba de 5 HP durante 4,5 horas diarias y para bombear hacia las estaciones de uso se usa un motor 1,5 HP que trabaja durante 20 horas diarias. El costo aproximado diario por bombeo es de Q70,00.

#### **4.4.2. Análisis de la calidad y cantidad de agua residual de la planta de producción**

Actualmente no se mide la cantidad de agua que se descarga a la planta, pero si se toma el total de agua consumida y de eso se resta lo utilizado en el proceso y en el riego de jardines, entonces se podrá aproximar la cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento.

La mayor parte del agua utilizada es para actividades como lavado de manos, limpieza de instalaciones y equipo, servicios sanitarios y solo un 25 % del agua consumida diariamente es utilizada en las recetas de los productos. El consumo promedio de agua en el proceso, se da de acuerdo con la siguiente tabla, las cantidades consumidas serán menores si no funcionan todas las líneas.

#### 4.4.3. Cualificación del agua de descarga de la planta

Con un funcionamiento regular de la planta de tratamiento se espera que los valores de DBO y DQO, se encuentre en los rangos determinados como aceptables, según lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, ver tabla XIX.

Tabla XVIII. Clasificación de los usos del agua

Tipo de usos del agua	Cantidad de agua utilizada diariamente (lt)	%
Proceso	13 648	28
Otros usos	8 000	16
Lavado de manos	7 000	14
Servicio sanitario	6 000	12
Lavado de pisos	5 000	10
Lavado de utensilios y maquinaria	4 000	8
Duchas	3 281	7
Riego de jardines	2 500	5
<b>Total de agua consumida</b>	<b>49 429</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

El cumplimiento de los límites máximos debe ser verificado periódicamente para cumplir con lo establecido por la ley, evitando sanciones a la empresa, pero sobre todo para cumplir con la responsabilidad ambiental, reduciendo al mínimo la probabilidad de contaminar ríos, lagos y manto freático.

Tabla XIX. **Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales**

Parámetro	Unidades	Valor
Temperatura	° C	20
DBO	mg de O <sub>2</sub> /lt	400
DQO	mg de O <sub>2</sub> /lt	450
pH	Unidades pH	6 - 9
Coliformes fecales	NMP	1 x 10 <sup>6</sup>

Fuente: MARN, Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. p.12.

#### 4.4.4. **Generación de opciones de mejora en el manejo del agua**

En realidad es posible realizar mejoras que propicien la reducción de la cantidad de agua utilizada en todas las actividades listadas en la tabla XVIII. Por ejemplo en los sanitarios, se puede reducir la cantidad de agua de cada descarga, modificando la altura del flote o llenando parte del espacio del tanque con botellas de agua o bolsas de arena, esto podría reducir en uno o dos litros cada descarga.

##### 4.4.4.1. **En las operaciones de limpieza de equipo y edificios**

- Implementar el uso de pistolas en las mangueras, para evitar que el agua salga cuando no se está usando, además el agua sale con más fuerza, haciendo más eficiente la tarea de limpieza pues utiliza menor cantidad de agua.

- También se puede considerar el uso de máquinas de agua a presión (2 000 PSI) con las cuales el agua sale atomizada y con la fuerza necesaria para limpiar las superficies.
- Al limpiar el piso, no se debe utilizar el agua para arrastrar los residuos sólidos, pues primero se debe barrer y recoger todos los sólidos, así se evita que estos lleguen al sistema de drenajes.
- Preferir la limpieza de pisos en seco, sobre el lavado de pisos, a menos que la naturaleza del proceso lo requiera.
- Instalar rejillas finas y difíciles de desmontar para evitar que los desechos sólidos sean depositados en la red de drenajes.
- Reparar las fugas que se tengan en la red de distribución.
- Concientizar periódicamente al personal sobre el uso moderado del agua y la importancia de no utilizar los sanitarios o la red de drenajes como basureros.

#### **4.4.4.2. En las estaciones de lavado de manos**

- Instalar medidores de consumo de agua en cada acceso a las plantas, para medir el consumo exacto de agua en esta actividad y monitorear el resultado de las mejoras propuestas y los aumentos de consumo que se pudieran dar por fugas o llaves de paso demasiado abiertas.
- Instalar reductores de caudal en los grifos, para reducir la cantidad de litros de agua, por minuto que permanece abierta la electroválvula del grifo. Estos pueden ser piezas de acero inoxidable de diámetro igual al diámetro interno del grifo, con un orificio en el centro de aproximadamente 3 milímetros de diámetro.

#### **4.5. Análisis del uso de aire comprimido**

Como ya se explicó en el capítulo 2, el sistema de aire comprimido compuesto por 5 compresores, es manejado actualmente de forma manual por los electromecánicos basándose en la presión marcada por el manómetro de salida, el cual debería marcar arriba de 100 PSI, de esa forma se asegura la presión para el correcto funcionamiento de los equipos de producción.

Regularmente todos los compresores están encendidos y se apagan algunos cuando hay menos líneas trabajando, sin embargo esto se deja a criterio del personal, dando lugar a que en algún momento se tengan compresores funcionando innecesariamente, por lo que aunque se generen iniciativas enfocadas a reducir el consumo de aire comprimido, no se percibirá ningún ahorro energético, pues el sistema no trabaja en cuanto a demanda y no se regula al variar la misma.

##### **4.5.1. Cálculo teórico del consumo energético por la generación de aire comprimido**

En la tabla XX se muestran datos del consumo teórico por cada compresor y el consumo del sistema cuando todos los compresores están trabajando, utilizando la corriente y voltaje promedio con un factor de potencia promedio para todos los compresores, considerando la fórmula para calcular potencia:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times FP$$



Tabla XVIII. **Consumo energético teórico por generación de aire comprimido**

Equipo	I (promedio)	V (promedio)	Factor de Potencia (FP)	KWH
Compresor 1	90,8	210	0,8	26,4
Compresor 2	77,9	210	0,8	26,4
Compresor 3	74,5	210	0,8	26,4
Compresor 4	80,1	210	0,8	26,4
Compresor 5	41,0	210	0,8	26,4

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5.2. **Comparación teórica de costo de energía para generar aire comprimido con volumen de producción**

Al tener el consumo teórico del sistema de generación de aire comprimido, es posible relacionar ese dato con el volumen de producción, el cual puede ser un indicador valioso para visualizar la eficiencia en el uso del sistema. Aunque los compresores tengan individualmente una eficiencia de trabajo, esta no refleja la eficiencia en el uso del sistema.

Con el dato de producción promedio en una semana en la que la utilización de la capacidad instalada de la planta está arriba del 90 %, se puede comparar con la cantidad de kilowatt-hora que se consumen por el funcionamiento del aire comprimido a toda su capacidad, es decir con los cinco compresores funcionando.

Tabla XIXI. **Producción semanal promedio en toneladas métricas**

Línea	Horas producción semanal	TM empacadas semanales
1	139	152
2	131	69
3	132	80
4	139	109
5	95	76
6/7	137	23
8	127	22
TOTAL	900	531

Fuente: elaboración propia.

Si se sabe que los compresores son encendidos el lunes a las 4:00 de la mañana y se apagan el domingo a las 6:30 de la mañana, entonces se tiene que los compresores trabajan 146 horas a la semana y al multiplicarlo por el consumo promedio de 132,1 kilowatt-hora, da 19 286 kilowatt consumidos.

Si se considera un costo por kilowatt equivalente a US\$0,122, en el cual se encuentran todos los cargos incluidos por el proveedor del servicio, se tiene que el costo semanal por el consumo eléctrico del sistema de generación de aire comprimido será de US\$2 352,96.

Del consumo de energía estimado para el sistema de compresores se puede calcular la productividad en kilowatt consumidos por tonelada métrica empacada, o bien relacionarlo con el costo calculando US\$/TM, por ejemplo con los cálculos hechos anteriormente quedaría para una semana normal de producción US\$ 4,43/TM, la cual debería de ser una suma similar al calcularla mensualmente.

### **4.5.3. Propuestas para medición real de energía utilizada en generación de aire comprimido**

Aunque es posible calcular teóricamente el consumo de energía del sistema de compresores, por el amperaje y la potencia de cada uno, es necesario considerar la instalación de un contador de energía, en el que se pueda monitorear a diario, cuanto se está consumiendo y calcular el costo.

Al tener la forma de medir el costo de la energía consumida por el sistema de compresores, será evidente que este no se comportará de manera proporcional a la producción y que aunque la producción posiblemente baje en algunos meses, el consumo energético por la generación de aire comprimido se mantendrá más o menos estable.

Lo anterior dará las herramientas para justificar la inversión de la automatización del sistema de compresores, de tal forma que estos en realidad trabajen de acuerdo a la demanda de la fábrica y se mantengan encendidos solo los necesarios de acuerdo con la eficiencia y capacidad de cada uno.

Cuando esto sea posible, entonces el costo de la generación de aire comprimido se comportará de acuerdo a los niveles de producción de la fábrica y las iniciativas de ahorro de aire comprimido tendrán una repercusión directa en la optimización de los recursos.



## 5. MEJORA CONTINUA

Para dar continuidad a la implementación de los principios de Producción más Limpia será necesario basarse en el ciclo de mejora, para asegurar resultados favorables de manera sostenida y consistente. El ciclo de mejora continua indica que se deben planificar las actividades, ejecutarlas, verificar los resultados y tomar acción sobre esos resultados.

### 5.1. Propuesta de indicadores de desempeño

Es importante dejar definido cómo se medirán los resultados y como se les dará continuidad, para cerrar el círculo virtuoso de la mejora continua y tener un sistema consistente y a largo plazo.

#### 5.1.1. Para medir la eficiencia en el uso de la energía eléctrica

Actualmente, no se tienen medidores individuales de energía eléctrica para cada proceso o línea, sin embargo, se sugiere su implementación para gestionar las mejoras en cuanto al ahorro de energía y comparar los resultados. Los indicadores propuestos para medir la eficiencia en el uso de este recurso son:

Para la medición de productividad total en base al consumo eléctrico

$$\frac{\text{producción total (kg)}}{\text{consumo de energía total (kwh)}} = \frac{\text{kg}}{\text{kwh}}$$

También es útil tener la medición de consumo eléctrico por línea para el costo de fabricación y para medir la productividad de energía eléctrica por línea.

Recientemente se logró finalizar la implementación de un tablero eléctrico para cada línea de producción, lo que permitirá en un futuro contar con un medidor de energía por línea de producción, lo cual facilitará el costeo de los productos. Sin embargo, también es necesario medir la energía consumida para iluminación, que después de las líneas de producción y de la generación de aire comprimido es el uso donde más energía se consume, pues se calcula que el 20 % de la factura de energía eléctrica corresponde a iluminación.

En cuanto a iluminación, se presentan las siguientes opciones las cuales se sugiere evaluar como oportunidades de ahorro energético.

- Cambiar las lámparas de halogenuros metálicos (MH) de 400 watts, por luminarias con 6 tubos trifósforo de 54 watts cada tubo, similares a los tubos fluorescentes estándar pero con mayor eficiencia, pues llegan a ofrecer hasta 104 lumen/watt y tienen la opción de encender dos, cuatro o los seis tubos dependiendo de la necesidad y además se puede automatizar esta función para no tener luces encendidas cuando no es necesario.
- Cambiar los reflectores incandescentes de 300 watts instalados en los patios, por bulbos ahorradores de vapor de sodio 100 watts, excelentes para áreas abiertas donde no es importante la reproducción del color.
- Implementar una limpieza periódica de las luminarias pues la suciedad reduce drásticamente la iluminación.
- Aprovechar al máximo la luz natural, ampliando las ventanas donde sea posible, utilizando láminas transparentes.

- Utilizar colores claros para las paredes y pisos, manteniéndolos lo más limpio posible para que absorban la menor cantidad posible de luz.
- Instalar los circuitos de iluminación de forma independiente para iluminar solo las áreas donde exista movimiento de personal.
- Instalar sensores de movimiento para encender las luces en áreas de poco movimiento nocturno, como pasillos, estacionamientos o servicios sanitarios, pero considerando que las luminarias no pueden tener luces ahorradoras con balastro, pues este tipo de luces no pueden estarse encendiendo y apagando muchas veces, debido a que les acorta drásticamente el tiempo de vida útil.

En cuanto al proceso de molienda de azúcar, es importante también considerar la instalación de un contador de energía para el proceso de molienda de azúcar, pues esto puede ayudar a identificar cualquier pérdida de eficiencia en cualquiera de los molinos.

$$\frac{\text{Consumo de energía por proceso de molienda de azúcar}}{\text{Kilos de azúcar molida}} = \text{KW/Kg totales}$$

Para mejorar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica se proponen varias actividades, sin embargo, como paso inicial es importante que se considere la posibilidad de instalar medidores de consumo de energía del proceso de molienda, para relacionarlo con la cantidad de kilos procesados y monitorear los efectos de los cambios efectuados. Las soluciones propuestas son:

- Durante el estudio se identificó al molino uno como el más eficiente, en términos de consumo eléctrico por kilo de azúcar molida, por lo cual se debe dar prioridad a su uso sobre el resto de molinos.

- Capacitar al personal operativo para evitar tener funcionando los molinos cuando están sin carga.
- El azúcar es un material sumamente abrasivo por lo cual se debe dar seguimiento a la limpieza, lubricación y revisión periódica de los rodamientos en los molinos para que se mantengan en buen estado y reducir las pérdidas por fricción.
- Revisar con periodicidad mensual el alineamiento del motor con el eje de transmisión, para evitar daño en el motor y los ejes y pérdidas por rozamiento.
- Asegurar la tensión adecuada de las fajas de transmisión entre el motor y el molino, para evitar daños en el sistema y cargas inútiles para el motor.
- Dar limpieza frecuente a la carcasa de los motores para que la ventilación de los mismos sea la adecuada y evitar el sobrecalentamiento.
- Incluir dentro del mantenimiento preventivo, la revisión de las conexiones de los motores de los molinos, pues con frecuencia las conexiones flojas originan mal funcionamiento y pérdidas por generación de calor.

Como ya se mencionó también es importante medir y además graficar la tendencia de consumo de energía por la generación de aire comprimido con la tendencia en kilos de producto terminado.

$$\frac{\text{Consumo energía por generación de aire comprimido}}{\text{Producción total planta}} = \text{KW/Kg totales}$$

Esta medición se podrá hacer al momento de contar con un sistema automatizado de generación de aire comprimido y con la posibilidad de medir el consumo de energía eléctrica de forma independiente.



Entonces corresponde también implementar las siguientes prácticas sugeridas en el uso del aire comprimido las cuales generarán ahorro inmediato a la empresa.

- Incluir en el plan de mantenimiento preventivo una orden de trabajo mensual para detectar y corregir fugas en la línea de conducción de aire comprimido.
- Instalar una línea de baja presión para que sea usada única y exclusivamente para las tareas de limpieza donde se utiliza el aire comprimido.
- Concientizar al personal acerca de los beneficios del buen uso del aire comprimido, pues es común que para evitarse trabajo se utilice el aire comprimido en exceso, por ejemplo mueven los residuos del piso con aire comprimido en lugar de utilizar una escoba.
- Hacer las instalaciones de aire utilizando tubería de mayor diámetro para reducir las pérdidas ocasionadas por las tuberías de diámetros menores.
- Instalar pistolas para el uso de aire comprimido en las tareas de limpieza, pues de esa forma se evitará que tengan mangueras abiertas cuando no se están usando, lo cual también aumenta el nivel de ruido en la planta.
- Cancelar ramales de tuberías sin uso y utilizar válvulas de corte cuando una parte de la fábrica no utilizará aire comprimido.

### **5.1.2. Para medir la productividad de los combustibles**

A pesar de no contar con medidores de combustible por línea, actualmente se tiene un indicador de productividad, el cual relaciona los galones totales consumidos de GLP o de diésel, con los kilogramos producidos por las líneas que consumen GLP o diésel respectivamente.

$$\frac{\text{galones de diésel consumido}}{\text{kilos totales producidos}} = \text{galones de diésel/kg}$$

$$\frac{\text{galones de GLP consumido}}{\text{kilos totales producidos}} = \text{galones de GLP/kg}$$

Aún sin contar con medidores de consumo de combustible por línea, se puede llevar un control de consumo en base al volumen comprado.

Tabla XXI. **Formato para monitorear el consumo de combustible**

Fecha	Lectura 1	Lectura 2	Consumo (gal)	Producción	Consumo específico (gal/kg producto)
01-nov					
02-nov					
03-nov					
30-nov					
Total					
Volumen comprado					
Diferencias					

Fuente: elaboración propia.

Para tener un ahorro inmediato en el consumo de combustibles, tanto diésel como GLP, se proponen las siguientes medidas inmediatas.

- Limpieza periódica de quemadores, para evitar que las acumulaciones de hollín afecten la combustión y ajuste de la mezcla de combustión.
- Mejorar el aislamiento de los hornos y tuberías de agua caliente para evitar pérdidas de calor.

- Eliminar las ramificaciones de agua caliente que no se estén utilizando o instalar llaves de paso.
- Aprovechamiento del calor de las chimeneas para precalentar el agua de las marmitas y las calderas.

### **5.1.3. Para medir el manejo del agua**

Es importante tener indicadores que permitan gestionar la cantidad de agua que se está consumiendo pero también con qué características está saliendo hacia los puntos de descarga.

#### **5.1.3.1. En relación con las características del agua de descarga**

Los indicadores de la calidad del agua que se está descargando al subsuelo y que permitan tomar acciones inmediatas para evitar contaminación son nivel de DBO y nivel de DQO tal como se muestra en la tabla XIX.

Las medidas a proponer van encaminadas a la concientización del personal de todas las áreas para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento, por medio de las siguientes actividades:

- Evitar la introducción de residuos de grasas y aceites a la red de drenajes.
- Evitar depositar basura en los drenajes.
- No tirar químicos puros a los drenajes.
- Reducir el uso de cloro en las limpiezas de utensilios y pisos, pues este químico reduce la actividad de las bacterias digestoras.
- Evitar el derrame de agua innecesario a la red de drenajes.

- Buscar sustitutos de los químicos de limpieza tradicionales por productos biodegradables.
- Evitar que aguas pluviales lleguen a la red de drenajes.

### 5.1.3.2. En función de la cantidad de agua consumida

La eficiencia en el manejo del agua, se puede medir implementando indicadores que relacionen la cantidad de agua utilizada por horas de producción, por kilogramo producido, por tipo de uso, etcétera.

Para esto se propone implementar el uso de medidores de consumo de agua en diferentes puntos que permitan medir la cantidad de agua utilizada para los principales usos, por ejemplo, las áreas de lavado de manos, servicios sanitarios, cuartos de lavado y un contador principal, que indique la cantidad de agua total que se está utilizando en toda la fábrica. Para generar los indicadores se sugiere implementar un registro de monitoreo del sistema.

Tabla XXII. Registro de monitoreo del sistema de suministro de agua

Fecha	lunes		martes		miércoles		jueves		viernes		sábado		domingo	
Día de la semana	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00
Área de Lavado de manos 1														
Cuarto de lavado 1														
Cuarto de lavado 2														
Cuarto de lavado 3														
Área de servicios de personal														
Total planta														
Horas de funcionamiento bomba de extracción de agua														
Horas de funcionamiento bomba 1 (transporte)														
Horas de funcionamiento bomba 2 (transporte)														

Fuente: elaboración propia.

Para relacionar de forma general la cantidad de agua utilizada con la producción total.

$$\frac{\text{metros cúbicos de agua consumidos}}{\text{kilos totales empacados}}$$

La información restante en el formato sirve para gestionar la mejora en los métodos de lavado de utensilios en cada uno de los cuartos de lavado, desajustes en las válvulas de paso de los lavamanos, mal funcionamiento de los servicios sanitarios, se propone implementar un registro como el que se muestra a continuación, en donde se deja evidencia como evidencia el consumo de agua que se tiene por turno y por área, con lo cual se pueden implementar muchos otros indicadores.

#### **5.1.4. Para medir la eficiencia en el uso de aire comprimido**

Actualmente, la operación del sistema de aire comprimido se delega a los mecánicos de turno, quienes se encargan de encender y apagar los compresores de acuerdo con las líneas que están funcionando, pero el único criterio utilizado es la presión en el manómetro de salida, sin embargo, aun así hay forma de lograr un manejo más eficiente.

El siguiente formato puede aportar información valiosa para monitorear el tiempo de trabajo de cada compresor, con esto se puede también calcular el consumo de energía eléctrica y al final hacer la relación de kilowatts consumidos por kilogramos producidos.

Tabla XXIV. **Formato de control de horas de funcionamiento de compresores**

Fecha	Horas trabajadas por cada compresor					Kg. empacados
	Compresor 1	Compresor 2	Compresor 3	Compresor 4	Compresor 5	
01-nov						
02-nov						
03-nov						
04-nov						
30-nov						
Total						
consumo KW						

Fuente: elaboración propia.

El solo hecho de llevar el control de este formato puede ayudar a que las personas que operan el sistema identifiquen los días en que se puede reducir el número de compresores encendidos.

## **6. MEDIOAMBIENTE**

El ser humano desde sus inicios ha hecho uso de los recursos que el planeta ha puesto a su servicio, sin embargo, con el transcurrir del tiempo la huella del paso del ser humano por la tierra se ha hecho cada vez más notable, sobre todo debido al avance de la tecnología y a la ampliación de las áreas urbanas, en las cuales se nota la mayor concentración de fuentes de contaminación.

El deterioro del medioambiente ha sido un tema mencionado en las últimas dos décadas, sin embargo, ha sido relativamente poco lo que se ha hecho por detener dicho proceso. En Guatemala no existen actualmente políticas claras y funcionales que obliguen a las empresas y comunidades a manejar los desechos sólidos de una manera responsable, a pesar de ser un problema de salud y ambiental.

### **6.1. Principales problemas ambientales en Guatemala**

Lamentablemente, problemas ambientales son muchos y se necesita el compromiso de todos los sectores para estar en capacidad de enfrentarlos, sin embargo, al atacar los principales muchos otros podrán ser solucionados con menos dificultad.

La legislación nacional tiene muchos vacíos y ambigüedades que impiden obligar a las industrias a tener una actitud de respeto hacia el medioambiente.

### **6.1.1. Manejo de desechos sólidos**

Los residuos son cualquier sustancia sólida, líquida o gaseosa, que proviene de un proceso de transformación, extracción o utilización, que ya no tiene valor para la entidad que lo genera, por lo cual se decide desechar. Los desechos sólidos son todos aquellos objetos cuyo valor ha terminado.

En orden de importancia las actividades que más impacto tienen sobre el medioambiente a causa de la generación de desechos sólidos son los procesos agrícolas, actividades mineras, procesos industriales, los residuos urbanos y por último la generación de energía.

Las poblaciones con mayor número de habitantes y mayor acceso a los productos industriales, son los que generan más cantidad de residuos sólidos, encabezando este listado está por supuesto la ciudad capital, la cual también es la ciudad con mayor cobertura de servicio de extracción de basura. En las áreas urbanas de Guatemala debido a lo reducido del espacio promedio por vivienda, gran parte de las familias se ven obligadas a pagar un servicio de extracción, mientras que en el área rural optan por otras alternativas.

En las áreas urbanas se cuenta con servicio de extracción de basura, sin embargo, no todas las familias están en capacidad de pagar por el servicio, por lo que optan por otras formas de disponer de la basura. Otro dato importante es que la ciudad capital es la que mayor cobertura de recolección de basura tiene, con un 71,68 % de cobertura y el departamento del Petén es el de la menor cobertura con un 9,24 % y más de la mitad de los departamentos tienen una cobertura menor al 20 %.



Tabla XXII. **Formas de disposición de la basura**

Forma de disposición	Porcentaje
<b>Con recolección</b>	<b>30.2%</b>
Municipal	12.5%
Privado	17.8%
<b>Sin recolección</b>	<b>69.8%</b>
la queman	36.8%
la entierran	5.2%
la tiran en cualquier lugar	18.2%
otra forma	9.7%

Fuente: *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2006*. p.44.

Los residuos urbanos en Guatemala están clasificados en un 75 % de materia orgánica y del restante 25 % la mayor parte está compuesta por materiales reciclables no orgánicos, los cuales en su mayoría pueden ser:

- Vidrio, principalmente envases de cristal, frascos, vasos y botellas.
- Papel y cartón, entre los que están periódicos, revistas, cajas de cartón, envases de papel, cartón, etcétera.
- Restos orgánicos, los cuales son los restos de comida, de jardinería, como ya se dijo forman el 75 % de los residuos sólidos.
- Plásticos, actualmente la mayor parte en forma de envases y elementos de otra naturaleza, debido a la proliferación de la industria del plástico, muchos productos vienen en envase plástico o son fabricados en plástico.
- Textiles, tales como ropa y elementos decorativos del hogar.
- Metales, buena parte en forma de latas, restos de herramientas, utensilios de cocina, mobiliario, etcétera.

Actualmente el incremento en el costo del metal ha ocasionado que muchas personas decidan dedicarse a la recolección de metal como un medio de subsistencia.

- Madera, en forma de muebles mayoritariamente.
- Escombros, procedentes de pequeñas obras o reparaciones domésticas.

En cuanto a la generación de residuos por la actividad industrial, el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, en su estudio “Sectores industriales y agroindustriales prioritarios para la Producción más Limpia en Guatemala” realizó una clasificación de actividades industriales que podrían representar riesgos ambientales, ordenándolos en riesgo ambiental moderado y alto.

En riesgo ambiental alto, se mencionan las siguientes actividades:

- Tenerías
- Fabricación de sustancias y productos químicos
- Fabricación de papel y productos de papel
- Producción de azúcar (ingenios)
- Producción de café (beneficios)

En riesgo ambiental moderado, se mencionan las siguientes actividades:

- Fabricación de bebidas
- Fabricación de pinturas, esmaltes y similares
- Fabricación de productos de caucho, hule y plástico
- Fabricación de textiles
- Industria de grasas y aceites comestibles
- Industria metal mecánica

Según datos del INE, en el departamento de Guatemala, se concentra el 64 % de la industria, seguido del departamento de Santa Rosa con un 7,6 %, Quetzaltenango con 5 % y Escuintla con 4 %, el porcentaje restante está repartido en cantidades pequeñas en los demás departamentos del país.

La actividad industrial presenta un alto impacto ambiental, el cual es mayor no por la cantidad de desechos que genera si no por el nivel de peligrosidad de los mismos. Independientemente del tipo de industria, la mayor parte de los desechos generados van a dar a vertederos municipales y una pequeña fracción se vende para el reciclaje, debido a las pocas opciones de reciclaje existentes en Guatemala.

Los problemas de los vertederos municipales, van desde generación de malos olores, focos de enfermedades por la proliferación de plagas, producción de humo y polvo, contaminación del agua, producción de gases, deterioro del paisaje, depreciación de los inmuebles aledaños, etcétera.

### **6.1.2. Contaminación del agua**

La alta industrialización, el crecimiento poblacional y la falta de legislación estricta sobre la protección de las fuentes de agua, hacen que la contaminación del agua sea uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial y que además compromete seriamente las condiciones de vida de las generaciones futuras.

El agua que procede de fuentes superficiales como ríos y lagos, está expuesta diariamente a una severa contaminación producto de las actividades humanas, en las cuales se agregan al agua sustancias ajenas que cambian su composición y modifican su calidad.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo, puede llegar a tal nivel de contaminación que ya no es útil sino más bien nociva, debido a la presencia de agentes patógenos, químicos, etcétera.

Los principales contaminantes de agua son:

- Agentes patógenos, bacterias, virus y parásitos que entran en el agua, provenientes de desechos orgánicos, por ejemplo, las aguas servidas.
- Desechos que requieren oxígeno, ocasionando que se agote la presencia de oxígeno en el agua, matando las formas de vida acuáticas.
- Nutrientes vegetales que propician el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua.
- Sustancias químicas inorgánicas.
- Sedimentos o materia suspendida.
- Sustancias radioactivas.
- Ingresos de agua extremadamente caliente que disminuyen el contenido de oxígeno.

En cuanto a las aguas subterráneas o freáticas, también son susceptibles de contaminación y al ser su nivel de renovación lento su capacidad de depuración es casi nula. Las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas pueden ser:

- Escapes o fugas de sustancias químicas desde tanques subterráneos.
- Infiltración de sustancias químicas orgánicas y compuestos tóxicos desde rellenos sanitarios.
- Infiltración accidental desde los pozos utilizados para inyección de desechos peligrosos o para la descarga de aguas servidas.

### **6.1.3. Contaminación del aire**

Los contaminantes atmosféricos son todas aquellas sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de mezclarse con el aire que respiramos, el cual básicamente está compuesto por 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno y el resto es vapor de agua con una mínima parte de argón.

La industrialización de los países y el crecimiento poblacional, tienen actualmente consecuencias sumamente negativas y de alto impacto sobre el medioambiente, contaminando suelos, aguas y por supuesto el aire que respiramos, dando como resultado el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI).

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se calcularon siguiendo la metodología del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en 1996 y se acordó tomar 1990 como año base para la estimación de emisiones y absorciones de GEI.

Las emisiones de GEI en Guatemala, son el resultado de las emisiones de gases provenientes de las actividades humanas desarrolladas y las absorciones de GEI fueron estimadas considerando la masa boscosa y los tipos de suelos del país.

Tabla XXIII. **Principales GEI emitidos en Guatemala 1990**

Gases de efecto invernadero	Emisiones (Gg)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	7 489,6
Metano (CH <sub>4</sub> )	199,6
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	20,7
Óxidos de nitrógeno (Nox)	43,8
Monóxido de carbono (CO)	961,7
Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM)	105,9
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	74,5
<b>Emisiones nacionales totales</b>	<b>8 895,8</b>

Fuente: *Inventario Nacional de GEI*. 1990. p.2.

En Guatemala el problema de contaminación del aire se da principalmente en la ciudad capital, la cual ha experimentado en las últimas décadas un rápido y desordenado crecimiento poblacional y del tráfico vehicular. Como en todos los centros urbanos del mundo, las principales fuentes de contaminación de aire son los vehículos automotores con aproximadamente el 80% de las emisiones, la industria con un 10 % y el restante 10 % corresponde a comercio y otras actividades.

En cuanto a la contaminación ocasionada por los vehículos automotores, según información proporcionada por la SAT en Guatemala circulan 1,1 millones de automóviles, de los cuales el 64 % está en la ciudad capital, eso significa que en el casco urbano circulan 700 mil vehículos, los cuales suponiendo un consumo promedio de 1,5 galones de combustible al día, dan como resultado 1,05 millones de galones de combustible entre gasolina y diésel, que son quemados y cuyas emisiones son enviadas diariamente al ambiente .

Las principales emisiones de los vehículos automotores debido a la combustión y que afectan la salud son:

- Monóxido de Carbono (CO), el cual es expulsado por la combustión incompleta en los motores de gasolina. Es sumamente peligrosa para las personas y animales, puesto que se fija en la hemoglobina de la sangre, impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo.
- Los hidrocarburos, producidos por los componentes de la gasolina, el diésel y otros derivados del petróleo.
- El plomo, utilizado como aditivo de los combustibles.

Si las emisiones de los vehículos automotores se inhalan de manera continua, pueden dar origen a problemas respiratorios e incluso cáncer de pulmón. Entre los efectos inmediatos que producen están la irritación de mucosas de ojos y nariz, mareos dolores de cabeza y náuseas, debilidad y confusión debido a que ocasionan falta de oxígeno en el organismo.

#### **6.1.4. Deforestación**

El común denominador en los cuatro problemas ambientales tratados en este capítulo, es que todos son producto de actividades humanas. La deforestación es un proceso tan antiguo, que inició cuando el hombre dispuso de herramienta rudimentaria para cortar árboles y se fue ampliando a medida que la agricultura iba tomando importancia.

Actualmente la tala inmoderada e insostenible de árboles con el fin de obtener leña y madera, para ampliar las fronteras agrícolas o para la actividad ganadera en algunos departamentos, consume los bosques con un ritmo preocupante.

A pesar que en Centroamérica se evidenció una disminución en la tasa de deforestación entre el 2000 y 2005, aún presenta una de las mayores tasas de deforestación en relación con las demás regiones del mundo.

Según datos de la Gremial Forestal, en Guatemala el 70 % de la población utiliza leña para cocinar, debido principalmente al costo de las estufas de gas y del gas propiamente dicho, siendo en el área rural más fácil salir al bosque a cortar leña y sin necesidad de pagar nada. Sin embargo, en muchos hogares en los que podrían tener los recursos para comprar la estufa y el gas, por cuestiones culturales prefieren utilizar la leña, debido a que prefieren el sabor de las tortillas o los frijoles cocinados con fuego de leña. De esa cuenta el 63 % de la pérdida anual de área boscosa se debe al consumo de leña.

La siguiente causa a considerar es la tala o quema de bosques por motivos agrícolas o crianza de ganado, lo cual junto con la tala ilícita constituye el 27 % de la pérdida de área boscosa. Queda un 10 % restante el cual se atribuye a incendios forestales y plagas.

Los efectos de la deforestación es que al quedar la tierra expuesta al sol y a la lluvia, esta será arrastrada por los torrentes de agua que ocasionará río abajo problemas ecológicos de otro tipo, pues se da la posibilidad de los deslaves, inundaciones, etcétera.

Además del efecto mencionado anteriormente, lo más preocupante de la eliminación de bosques, es la pérdida del hábitat de gran cantidad de vida vegetal y animal, especies que podrían no ser descubiertas aún y al perderse el bosque se perderán con él.



Se cree también que el cambio climático es un efecto de la deforestación, pues la cubierta de los árboles mantiene la humedad en el suelo, consecuencia de que el sol no pueda entrar directamente hasta la superficie. Si los árboles se eliminan, el suelo se erosiona y seca rápidamente y las temperaturas locales aumentan debido a la falta de sombra.

Los bosques cumplen otra función importantísima para la supervivencia en el planeta, pues con la ayuda de la luz solar realizan el proceso de la fotosíntesis, en el cual convierten el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) en oxígeno respirable. De tal manera que al quemar árboles se generan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y sin árboles no se realiza la fotosíntesis, contribuyendo entonces al efecto invernadero y posiblemente al calentamiento global.

## **6.2. Medidas para mitigar los problemas ambientales**

En este punto es importante mencionar que la mitigación de los problemas ambientales, no es solo responsabilidad de las industrias o las autoridades, sino de cada persona que habita el planeta. Todos los sectores pueden hacer algo para contribuir a frenar el deterioro del planeta, siempre y cuando prevalezca la prioridad del bien común sobre el bien individual.

### **6.2.1. Reducción de desechos sólidos**

La reducción de los desechos sólidos es tarea y responsabilidad común, incluyendo las familias, las comunidades, las industrias y las autoridades, contribuyendo cada uno a poner en práctica las llamadas 4Rs las cuales, incluyen:

- Rechazar, es decir, comprar productos con el mínimo embalaje y envase. No comprar productos que no son susceptibles de reciclar, como por ejemplo, el poliestireno o duroport como se le conoce en Guatemala, debido a que su degradación puede tomar cientos de años. Comprar productos con etiquetas ecológicas, es decir, que pueden ser reciclados.
- Reducir el uso de productos, intentar deshacerse del mínimo de residuos posibles.
- Reutilizar, procurar alargar la vida útil de los productos y en el caso de que el producto no sirva para su uso original, se debe considerar darle otros usos.
- Reciclar, significa que cuando no quede otra opción que deshacerse de algún producto, debe clasificarse para ser entregado a los recolectores o a alguna entidad dedicada a la clasificación para el reciclaje.

### **6.2.2. Reducción de la contaminación del agua**

- Descentralizar la verificación del cumplimiento de la legislación ambiental en cuanto al cuidado de las fuentes de agua, responsabilizando a las municipalidades de denunciar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cualquier anomalía ocurrida en su jurisdicción.
- El MARN debe asegurar que las municipalidades sean las primeras en cumplir con la legislación relacionada con la descarga de aguas servidas, implementando plantas de tratamiento para los cascos urbanos.
- Exigir a las industrias la implementación de plantas de tratamiento eficientes y acordes a la dimensión de sus operaciones para que el agua que descarguen a los drenajes esté libre de sustancias peligrosas.
- Exigir a los hoteles especialmente a los ubicados en las cercanías a ríos, lagos y mares, la implementación de plantas de tratamiento, que garanticen que no está contaminando las fuentes de agua.

- Evitar tirar basura a las fuentes de agua como ríos, lagos y mares.
- Utilizar detergentes biodegradables y no desechar productos químicos en los drenajes.
- Prohibir la construcción de cisternas de almacenamiento subterráneo de combustible cerca de fuentes de agua.

### **6.2.3. Mejoramiento de la calidad del aire**

Para mejorar la calidad del aire se necesita de la voluntad de las autoridades para hacer cumplir las leyes vigentes en cuanto el control de emisiones al ambiente por parte de la industria y el transporte. Luego se necesita un cambio total de cultura, en la cual se concientice a todas las personas acerca de las consecuencias que tiene la contaminación del aire y como cada uno puede ayudar a frenar este efecto.

Entre las actividades que el gobierno puede y debe implementar está:

- Hacer que los colegios que cuentan con servicio de bus incluyan en la colegiatura el pago de este servicio, para que más familias opten por utilizarlo, esto bajaría el tráfico en horas pico.
- Fomentar el uso del transporte público, por medio de estrategias que lo hagan más seguro, cómodo y eficiente.
- Imponer multas o sacar de circulación a todos aquellos vehículos livianos, de transporte pesado o del transporte público que emanen demasiado humo.
- Hacer auditorías anuales a la industria para hacer análisis de los humos que emanan de sus chimeneas y sancionar a las empresas que no cumplen con la legislación vigente.

- Implementar un control sobre el uso del fuego en las industrias agrícolas, tales como los ingenios.
- Implementar un plan de comunicación masiva para concientizar a la población acerca de las medidas que se deben tomar para frenar el cambio climático.

A continuación se presentan actividades sencillas pero que pueden hacer la diferencia, entre más gente las ponga en práctica.

- Preferir el uso de gas propano sobre el uso de leña para cocinar.
- Reducir el uso de vehículos automotores.
- Compartir vehículo para aprovechar el viaje.
- No dejar encendido el carro si no es necesario.
- No encender el carro con mucha anticipación, solo se necesitan unos segundos para que el lubricante recorra el motor.
- Ahorrar electricidad (parte de la energía es generada utilizando combustibles fósiles).
- No quemar la basura.
- No celebrar el día de la quema del diablo, tradición arraigada en Guatemala sobre todo en la ciudad capital, pero que durante la cual se encienden tantas hogueras que liberan tal cantidad de contaminantes que dos días después aún se percibe el humo en el ambiente.

#### **6.2.4 Reducción de la deforestación**

Como en los otros problemas ambientales, su reducción involucra tanto a autoridades como a la población. En cuanto a las autoridades, las actividades que pueden ayudar son:

- Implementar por medio del MARN y las municipalidades del país, el control sobre la tala inmoderada de árboles.
- Fomentar el uso de gas propano para cocinar con el fin de reducir el uso de leña, pues esta es una de las mayores causas de la deforestación.
- Dar soporte técnico al sector agrícola para que aprovechen mejor la tierra y prohibir la quema de bosques para ampliar la frontera agrícola pues esto no soluciona los problemas de tierra infértil.
- Fomentar la reforestación en las escuelas y municipalidades, dando las facilidades y asesoría para que más personas se integren a la tarea de reforestar.
- Hacer una campaña de comunicación masiva para promover el reciclaje de papel y reducir la tala de árboles para esta industria que además es una de las mayores contaminantes de agua.
- Crear un impuesto para la industria maderera, que pueda servir para el presupuesto de las entidades que velan por la conservación de la masa boscosa.

En cuanto a las medidas que la población en general puede tomar para reducir la deforestación.

- Reforestar las áreas desprovistas de vegetación en su comunidad.
- Denunciar la tala de árboles cerca de su comunidad para que las autoridades verifiquen si se tiene el permiso legal para esa actividad.
- Utilizar gas propano en lugar de leña.
- Reducir el gasto de papel.
- No quemar o tirar el papel con el resto de la basura, acumularlo y enviarlo aparte para que sea apto para reciclar.



## CONCLUSIONES

1. Los conceptos que componen la base de los métodos de Producción más Limpia, buscan ampliar el conocimiento general acerca de este tema y ayudan a entender de mejor forma el desarrollo de cada capítulo. El concepto de medioambiente indica que es todo lo que nos rodea y la contaminación es la alteración nociva de ese medio causada por un agente ajeno al mismo. La prevención de la contaminación y el desarrollo sostenible son formas de conservar un medioambiente que permita las condiciones apropiadas para el desarrollo de la vida.
2. La planta de producción cuenta con 7 líneas distribuidas en proceso de galletas sándwich, crackers y especialidades. Las etapas que componen el proceso de fabricación de las galletas básicamente son pesado de microingredientes, mezclado, formado, horneado, enfriamiento y empaque, contando también con operaciones auxiliares como la generación de aire comprimido, la molienda de azúcar, la preparación de azúcar invertido, las cuales son necesarias para la realización del proceso de producción.
3. Actualmente la empresa consume en promedio 28 000 galones de GLP, para el horneado en tres líneas de producción, utilizando también este combustible para la preparación de azúcar invertida, pero que actualmente no se puede medir por separado. La relación de cantidad de producto empacado con el consumo de GLP se mantiene normalmente en 15 kg / galón GLP.

En cuanto al diésel el consumo mensual promedia los 20 000 galones y la productividad en su uso es de 12 kilos / galón de diésel.

El consumo de energía actual promedia los 215 000 kilowatt hora, teniendo una relación promedio aproximada de 8,4 kilos empacados por kilowatt hora.

4. El proceso de producción consume un 25 % del total de agua potable que se extrae del pozo de la fábrica, la mayor parte se utiliza en los servicios sanitarios y estaciones de lavado de manos, así como, para las tareas de limpieza de instalaciones y equipo. Se deben revisar los procedimientos de limpieza actuales para definir cambios que ayuden a reducir la cantidad de agua utilizada.

Es importante también que se instalen medidores de consumo en los cuartos de lavado, servicios sanitarios, estaciones de lavado de manos, área de producción y área administrativa, para llevar un control del consumo promedio y así detectar anomalías en la red de distribución, así como, para llevar el monitoreo del efecto causado por las mejoras propuestas en cuanto al uso del agua.

5. Las mejoras que se pueden implementar de forma inmediata van enfocadas al ahorro de agua y energía eléctrica, instalando reductores de flujo en los grifos de las estaciones de lavado de manos, utilizar pistolas de agua a presión para las tareas de limpieza, reducir la frecuencia de lavado de pisos, sustituyéndola por limpieza en seco, revisar el estado de las tuberías y accesorios sanitarios para evitar las fugas.

En cuanto a la energía se puede generar ahorros inmediatos mediante la sustitución de lámparas de tipo incandescente por bulbos



fluorescentes de bajo consumo, programar la limpieza frecuente de techo transparente para aprovechar mejor la luz natural, hacer arranque escalonado de motores y equipos, para evitar los picos. Lo más importante y de bajo costo es concientizar al personal.

6. Las propuestas principales generadas en el presente estudio son:

- Aprovechar el agua caliente generada por la caldera del cuarto de fermentación para el proceso de azúcar invertido, para reducir el tiempo de preparación, además de adicionar el ácido cuando el agua llega a los 75° celsius en lugar de adicionarlo hasta la ebullición. Con dichos cambios el tiempo de preparación se reduce hasta en 25 minutos, reduciendo la cantidad de combustible a utilizar en 0,22 galones por *batch*, si se hacen 20 *batch* al día y cada galón se compra a Q17,00 el ahorro será de Q74,80 por consumo de combustible, sin mencionar el aumento en la capacidad de producción de azúcar invertido.
- En el área de molinos de azúcar, aislar cada molino para evitar que se esparza el polvo de azúcar por el ambiente, logrando su recuperación y reduciendo el desperdicio. También se puede modificar el sistema de llenado de los sacos para evitar derrames y por último la instalación de medidores de energía para contabilizar el costo energético de moler cada kilo de azúcar.
- Hacer auditorías de combustión en cada uno de los hornos de la fábrica, para determinar la calidad de la combustión y con base a los resultados implementar mejoras que ayuden a subir la eficiencia de la combustión y la reducción del consumo y de las emisiones nocivas.
- Evaluar la automatización del sistema de generación de aire comprimido, para que los compresores trabajen de acuerdo a la

demanda de aire de la fábrica y que puedan regular la producción automáticamente, logrando reducir el consumo de energía eléctrica del sistema, cuyo costo actual supera los Q5 000,00 diarios.

7. Los indicadores de gestión ambiental que permitirán medir el efecto de la implementación de iniciativas de Producción más Limpia serán enfocados en medir la eficiencia energética por medio de la relación existente entre el consumo de energía y los kilos totales producidos, midiendo de la misma forma la molienda de azúcar. De la misma forma se puede medir la productividad del uso de los combustibles. En el caso del agua los indicadores deberán estar enfocados en controlar la cantidad de agua utilizada y la calidad de agua descargada a la planta por medio de los parámetros DBO, DQO, pH y coliformes fecales.
  
8. Al hablar de los problemas ambientales que aquejan a Guatemala se debe iniciar por la contaminación del agua, como uno de los principales, pues cada vez es más difícil encontrar un río o un lago sin contaminación causada por desechos urbanos e industriales. Luego se tiene la deforestación que año con año devora la masa boscosa debido a la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, causando erosión del suelo y acabando con la vegetación y vida silvestre. Los siguientes problemas son la contaminación del aire y la generación de residuos sólidos.

La solución para cada uno de los problemas tiene como común denominador la voluntad de las autoridades para generar y hacer cumplir leyes que protejan los recursos naturales y la concientización de

la población para ayudar a frenar la descarga de sustancias nocivas al ambiente y los mantos acuíferos.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar un inventario y evaluación de los químicos de limpieza utilizados, para asegurar que sean biodegradables, así como, capacitar al personal de producción y mantenimiento para que no se descarguen a la red de drenajes, químicos, grasas y combustibles que puedan afectar el funcionamiento de la planta de tratamiento.
2. Hacer una revisión de la red de drenajes para evitar que aguas pluviales sean descargadas a la planta de tratamiento y que aguas residuales sin tratar sean descargadas a las alcantarillas municipales.
3. Dar prioridad al proyecto de automatización de la generación de aire comprimido para que el sistema funcione de acuerdo a la demanda y que la implementación de iniciativas de ahorro de aire comprimido, tenga un impacto directo en la reducción de consumo de energía eléctrica.
4. Hacer una revisión completa de las instalaciones eléctricas que ayude a balancear cargas entre fases, utilizar los conductores adecuados y ordenar los circuitos, con el fin de evitar las sobrecargas y consumos innecesarios por malas instalaciones eléctricas.
5. Promover el reciclaje de papel, cartón y plástico, buscando empresas interesadas en negociar la compra de materiales para reciclaje, a cambio de efectivo u otros productos.

6. Considerar la utilización de medidores de combustible, energía eléctrica y agua por sección, para tener mejor control sobre los consumos y justificar de forma clara la implementación de mejoras en los procesos.

## BIBLIOGRAFÍA

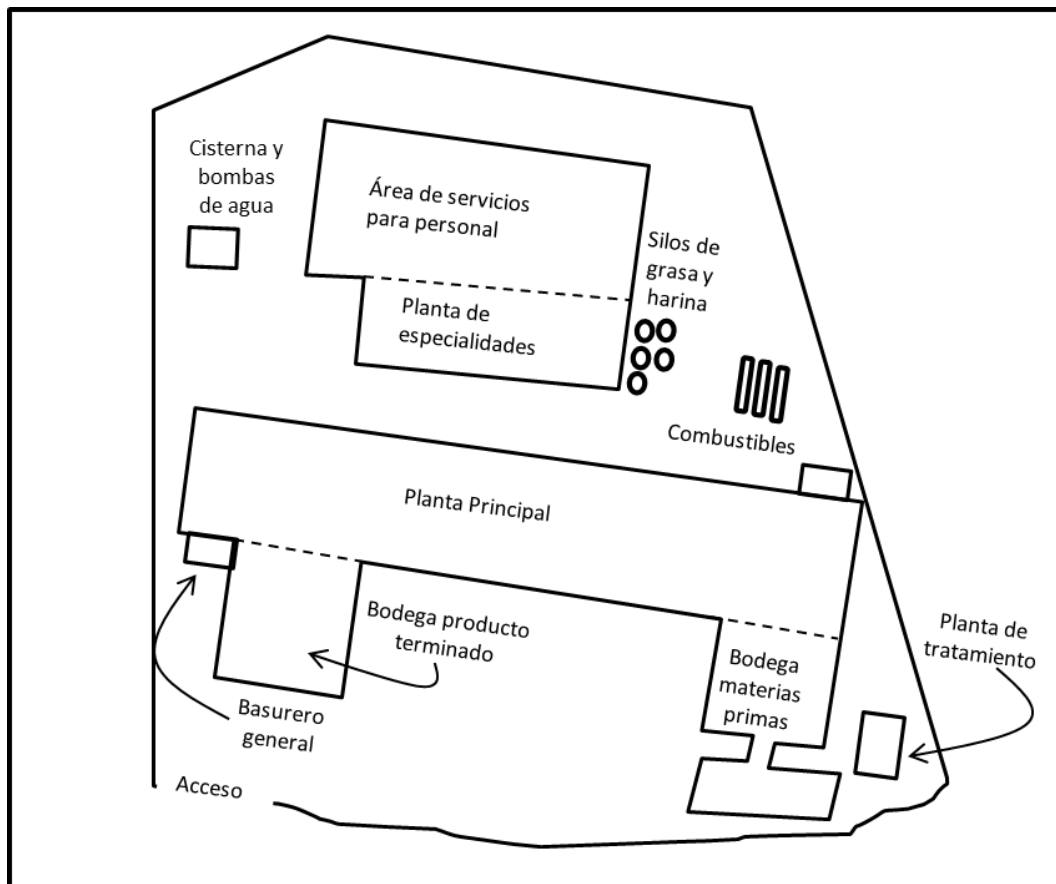
1. ARGUETA WOLKE, Rodrigo. *Diseño de control automático para proceso de producción de aire comprimido en una planta de producción de galleta*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005. 124 p.
2. AVALLONE, Eugene A. y BAUMEISTER , Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a, ed. McGraw Hill, 1998. 3886 p. ISBN 970-10-0661-5
3. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. *Guía técnica general de producción más limpia*. La Paz, Bolivia. 2005. 184 p.
4. HERNÁNDEZ GALINDO, Zaida Liseth. *Principios de producción más limpia en Alimentos Kern's de Guatemala, S.A*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005. 200 p.
5. Guatemala. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*, 5 diciembre 1986. 14 p.
6. *Perfil ambiental de Guatemala 2008-2009*, Instituto de Incidencia Ambiental. 2009, n° 11. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2003-2009. ISBN: 978-99939-68-59-7

7. SALVENDRY, Gavriel. *Manual de ingeniería industrial*. México: Limusa, 1991. 1138 p. ISBN: 96-818-1965-9
8. TAO, WILLIAM K. RICHARD R. JAMIS. *Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios*. Sánchez, Gabriel (trad.). México: Prentice Hall, 1998. 263 p. ISBN: 97-017-0161-5
9. SERGIO TORRES, *Ingeniería de plantas*. 7a. ed. Guatemala: Facultad de Ingeniera, USAC. 2000.



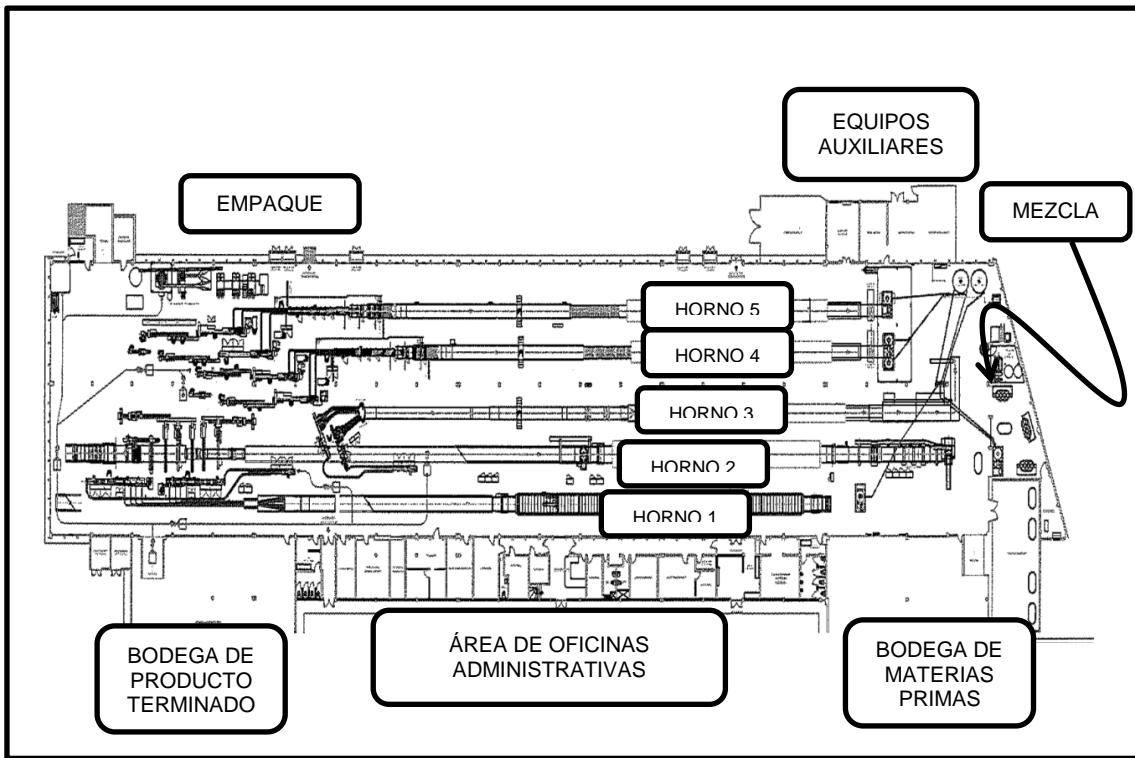
# APÉNDICES

Apéndice 1. Plano general de la planta



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

Apéndice 2. **Plano de la nave principal**



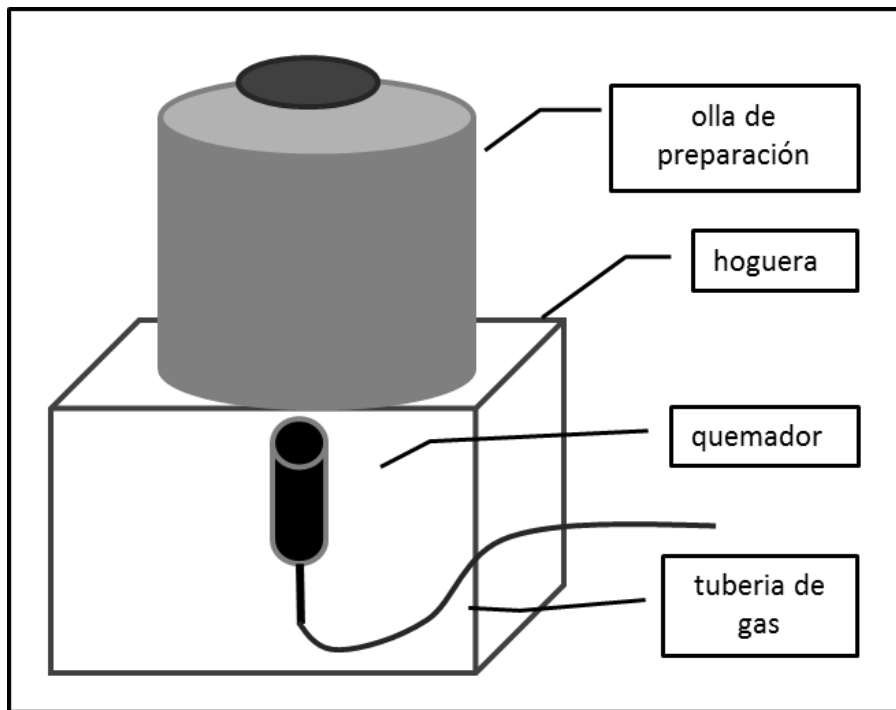
Fuente: planos generales, actualización mayo 2009.

**Apéndice 3. Detalle de los datos tomados del proceso de azúcar invertido**

Condiciones	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Observaciones
Cantidad inicial de agua (kg.)	68,7	68,7	55,0	55,0	Cada centímetro en la varilla de medición equivale a 4.58 litros
Cantidad de azúcar (kg)	92,0	92,0	92,0	92,0	El equivalente a dos sacos de azúcar blanca
Masa inicial de la mezcla (kg)	160,7	160,7	147,0	147,0	En las pruebas 3 y 4 se redujo la cantidad de agua
Volumen inicial de la mezcla (lt)	132,8	132,8	119,1	119,1	
Temperatura inicial del agua	22,7	22,0	22,0	50,0	En la prueba 4, se calentó previamente el agua hasta 50° C
Temperatura agua + azúcar en t=0	26,3	29,4	28,5	40,0	La temperatura de ambos componentes se equilibra
Temperatura °C en t = 5 min.	28,6	30,7	35,0	45,0	La temperatura de ambos componentes se equilibra
Temperatura °C en t = 10 min.	29,1	29,8	32,6	55,0	
Temperatura °C en t = 15 min.	66,3	57,0	57,9	86,0	En la prueba 4, se adicionó el ácido en el minuto 15
Temperatura °C en t = 20 min.	87,1	88,0	88,0	92,5	En la prueba 3 se adicionó el ácido en el minuto 20
Temperatura °C en t = 25 min.	93,0	93,3	95,7	94,0	
Temperatura °C en t = 30 min.	94,5	95,0	95,3	98,0	
Temperatura °C en t = 35 min.	98,0	97,5	98,0	97,8	En las pruebas 1 y 2 se adicionó el azúcar hasta que esta en ebullición
Tiempo de preparación ( en minutos)	81,0	75,0	62,0	55,0	
Tiempo transcurrido después de añadir ácido	46,0	40,0	42,0	40,0	El tiempo promedio de hidrólisis es de 40 minutos
Cantidad final de azúcar inv. (lt)	109,92	114,5	114,5	114,5	
Densidad final del azúcar invertido (kg/lt)	1,325	1,33	1,32	1,32	Se mide con la muestra que se lleva a laboratorio
Masa teórica final (densidad x volumen)	145,66	152,19	151,14	151,14	Calculada en base a a densidad
Grados Brix final	72,2	73,5	72,0	74,0	
Ph final	2,66	2,77	2,72	2,63	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Esquema actual de marmita de preparación de azúcar invertida**



Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo 1. **Propuesta de quemador tipo espiral de 52” de diámetro**



Fuente: [www.alambiquesartesanos.com/quemadores-de-gas.html](http://www.alambiquesartesanos.com/quemadores-de-gas.html). [Consulta marzo de 2013].

## Anexo 2. Cotización de máquina hidrolavadora

	<b>SISTEMAS DE LIMPIEZA INTEGRAL PARA LA INDUSTRIA, EL COMERCIO Y EL HOGAR</b>	2a. Calle 3-21 zona 13. Guatemala, C.A. 01013 PBX: (502) 2388-0000 FAX: (502) 2388-0044 www.grupomisol.com ventas@grupomisol.com
20 de enero de 2,013		
Bernier Cifuentes Molinos Modernos Manufactura Galletas Presente		
Estimado Berner, la presente es para cotizarle nuestra máquina Hidrolavadora marca <b>NEUHAUS</b> modelo <b>X-PRO TSS</b> , de <b>2050 PSI</b> , construida para brinda alto rendimiento y muchos años de efectiva operación.		
La <b>X-PRO TSS</b> fue diseñada bajo estrictas normas de calidad, su motor eléctrico de <b>230V/60Hz</b> está protegido por un switch térmico, que evita el daño por altas temperaturas y por el voltaje es una máquina muy económica y poderosa. Hora de trabajo continuo es de 6 horas		
Lavadora de 2050 PSI de presión Industrial Tipo del motor de inducción-220V/60 Hz Tipo de bomba-Triplex con pistones de cerámica y de sistemas de biela Sistema de parada total-Sí Flujo (GPM) - 2.6 Ajuste de la presión Detergente incorporada regulable de aspiración Manguera de alta presión, pistola y lanza Carro de dos ruedas con depósito de detergente y de la mano		La maquina es de color azul
<b>PRECIO .....Q 11,300.00</b>		El tiempo de entrega del equipo es de inmediato dependiendo del stock en bodega, en caso contrario podría oscilar entre 2 o 3 semanas, después de confirmado en fábrica el despacho y recibido el anticipo. La garantía es de 3 meses que cubre defectos de fabricación y no daños causados por la red de distribución local de energía eléctrica, uso indebido o partes móviles de desgaste normal. La forma 100% contra entrega.
Seguro que la presente será de su interés y aceptación, quedo a su entera disposición para cualquier comentario o en caso de requerir información adicional.		
Atentamente		
Gustavo Silvestre Asesor de Ventas Celular: 50181862 - 23880074		

Fuente: Grupo Misol

### Anexo 3. Cuestionario de diagnóstico

Diagnóstico de Producción más Limpia			
Nombre de la empresa:		EXPRO S.A.	Dirección Km. 18.5 carretera a San José Pinula
Sección I		Datos Generales	
a) Tipo de Industria	Manufactura de alimentos	Ubicación	Departamento de Guatemala
Sección II		Datos Técnicos	
1	Descripción general del proceso		
	• Operaciones que componen el proceso	Ver capítulo 2	
	• Actividades de control de calidad	Ver capítulo 2	
	• Listado de materias primas y materiales	Ver capítulo 2	
	• Descripción de maquinaria y equipo	Ver capítulo 2	
	• Salidas del proceso (productos, subproductos, desperdicio, desechos)	Ver capítulo 2	
2	Descripción de los servicios internos utilizados en la planta		
	• Agua potable:	Sistema de pozo mecánico y cisterna, con bombeo por demanda	
	• Aire comprimido	Banco de cinco compresores de tornillo, instalados en paralelo	
	• Vapor	No se utiliza	
	• Refrigeración	Dos unidades de aire acondicionado de 60 000 BTU cada uno	
	• Electricidad	Generador diésel de 1 275 kVA	
3	Descripción de los servicios públicos utilizados		
	• Agua potable:	No	
	• Electricidad	Línea de entrada de 13 kV	
	• Extracción de basura	Una vez al día	
4	Combustibles utilizados		
	• Diésel	8 200 galones mensuales	
	• Gas licuado de petróleo	28 000 galones mensuales	
5	Información referente a las aguas residuales		
	• Cantidad	No disponible	
	• Características	DBO: 1 135 mg/lit; DQO: 861 mg./lit.	
	• Tipo de tratamiento	Sedimentación, filtrado y desinfección	
6	Descripción del calendario de la empresa		
	• Turnos	Producción continua con dos turnos diarios	
	• Cantidad de horas	24 diarias, 136 semanales	
	• Asuetos que se laboran	Todos menos 1 de enero, Semana Santa, 1 de mayo, 1 de noviembre, 25 de diciembre	
7	Personal disponible		
	• Personal interno	340 personas (300 de producción, 15 control de calidad, 15 bodegas, 10 mantenimiento)	
	• Personal subcontratado	17 personas (limpieza, cafetería, mantenimiento de infraestructura)	
	• Personal temporal	Ninguno	

Fuente: elaboración propia.

