

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".  
Facultad de Ingeniería.**



**Maestría en Evaluación de " Producciones más Limpias."**

**Título: Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos.**

**Tesis en opción al nivel académico Máster en  
Producción Más Limpia.**

**Autora: Ing. Elisa María Chou Rodríguez.**

**Tutor: Dr. Eduardo Julio López Bastida.  
Consultante: Dr. Wilfredo Francisco Martín.**

**2012**

**" Año 54 de La Revolución "**



**Universidad de Cienfuegos.**

**Empresa Glucosa Cienfuegos.**

Hago constar que el presente trabajo fue realizado por la Universidad de Cienfuegos de conjunto con la Empresa Glucosa Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios de postgrado con mención de maestría en Producciones Más Limpias, autorizando a que el mismo sea utilizado por dichos centros con los fines que estime conveniente: tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de los mismos.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener en cuenta un trabajo de esta envergadura, refiriendo la temática señalada.

---

Información Científico-Técnica

Nombre Apellidos y Firma

---

Computación

Nombre Apellidos y Firma

---

Firma del Tutor

***Pensamiento.***



***“El hombre puede hacer de si mismo muchas cosas producto de su propio esfuerzo físico y espiritual y el que se proponga cultivar la virtud, la cultiva; el que se proponga alcanzar una moral más alta, la alcanza; el que se proponga adquirir más conocimientos, los adquiere; el que se proponga ser mejor estudiante, puede llegar a ser mejor estudiante; el que se proponga alcanzar los más altos niveles de conocimiento, los alcanza”.***

***Fidel Castro Ruz.***

***Dedicatoria:***

***A mi hija Aliena.***

***A mi mamá, hermanos y sobrinas.***

***A papito que siempre esta en mis recuerdos.***

***Agradecimientos:***

***A mi tutor y demás profesores por los conocimientos aportados.***

***A todos mis compañeros Wilfre, Rolo, Laymí, Yoly, David y Odalys que me han ayudado en esta investigación.***

***A todos..... ¡Muchas Gracias!***

## **Resumen.**

El presente trabajo titulado "Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos", tiene como objetivo realizar una evaluación de los problemas ambientales y la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos que afectan el proceso en las etapas objeto de estudio, las cuales pueden mejorar su desempeño ambiental si se aplican técnicas de Producciones más Limpias. Para la realización de esta investigación fue necesario apoyarse en técnicas de manejo tales como: exploración y recorrido en planta, identificación de malas prácticas, revisión de documentos, criterios de expertos de la fábrica, tormentas de ideas, balances de materia y evaluaciones económicas. Se identificaron las oportunidades de Producciones más Limpias y se determinaron las que más impactan según el criterio de expertos. Estas fueron: Derrame de licor de remojo a los residuales, con una pérdida de agua 1 588,7 m<sup>3</sup>, lo cual representa un valor de 476,61 CUP/ m<sup>3</sup>, derrame de 1 010,8 m<sup>3</sup> de agua utilizada para refrescar los gases durante la combustión del azufre por un valor de 303,24 CUP, pérdidas de dióxido de azufre gaseoso a la atmósfera, derrame de desechos sólidos los cuales ocasionan grandes impactos ambientales a los ecosistemas aledaños a la instalación.

## Índice

Índice .....	7
Introducción. ....	1
Capítulo I. Revisión Bibliográfica. ....	5
1.1. Producciones más limpias. Fundamentos generales. ....	5
1.1.1. Evolución del enfrentamiento a la contaminación. ....	5
1.1.2. Conceptos de Producciones más Limpias. ....	7
1.1.3. Historia de las Producciones más Limpias en Cuba. ....	12
1.2. Metodologías de las Producciones más Limpias. ....	14
1.2.1. Metodología de Producciones más Limpias (P+L) implementada en el Programa de Producción más Limpia (P+L) del ONUDI/PNUMA .....	15
1.2.2. Metodología de Producción más Limpia (P+L) descrita por (Ochoa).....	16
1.2.3. Metodología de Producción más Limpia (P+L) descrita por (Orcés en ESPOL Ciencia 2003) ....	18
1.2.4. Metodología de Producción más Limpia (P+L), descrita por (Rigola) .....	19
1.3. Producciones más Limpias en la Industria Alimenticia. ....	20
1.4. Producciones más Limpias en Fábricas de Glucosa.....	21
1.4.1. Maíz. ....	21
1.4.2. Elementos nutritivos. ....	22
1.4.3. Usos del Maíz .....	22
1.5. Descripción de los procesos de maceración de maíz para la obtención de Almidón o Glucosa. ....	24
1.5.1. Proceso de Limpieza.....	24
1.5.2. Proceso de Maceración.....	24
1.5.3. Proceso de obtención de agua sulfurosa. ....	26
1.6. Tecnologías de avanzada enfocada a las Producciones más Limpias .....	28
Conclusiones parciales. ....	29
Capítulo II. Caracterización los procesos de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz de la Empresa de Glucosa Cienfuegos. ....	30

2.1. Caracterización de la Empresa Glucosa Cienfuegos.....	30
2.1.1. Descripción de la Empresa de Glucosa Cienfuegos.....	30
2.1.2. Planeamiento estratégicos de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010. ....	33
2.1.3. Cartera de Productos. ....	34
2.1.4. Comportamiento de las Producciones realizadas en los años 2010 y 2011. ....	35
2.1.5. Comportamiento del consumo de Maíz con relación a las producciones fundamentales.....	36
2.1.6. Perfeccionamiento Empresarial. ....	36
2.2. Situación ambiental de la Empresa Glucosa Cienfuegos.....	37
2.2.1. Antecedentes. ....	37
2.2.2. Situación Ambiental Actual. ....	37
2.3. Descripción de la Sección de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz. ....	40
2.3.1. Flujo productivo de la sección de la planta objeto de estudio.....	41
2.3.2. Maíz. ....	43
2.3.3. Recepción de Maíz. ....	43
2.3.4. Silos de Metal. ....	44
2.3.5. Limpieza del Maíz. ....	44
2.3.6. Almacén de Azufre. ....	46
2.3.7. Planta de obtención de Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).....	46
2.3.8. Maceración.....	48
2.4. Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias.....	49
2.4.1. Planeación y organización. ....	50
2.4.2. Evaluación Preliminar.....	51
2.4.3. Estudio Detallado. ....	53
2.4.4. Estudio de factibilidad.....	54
2.4.5 Fase de implementación. ....	56
Conclusiones Parciales. ....	57
Capítulo III. Análisis de los resultados. ....	58

3.1. Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de la Empresa de Glucosa Cienfuegos. ....	58
3.1.1. Planeación y organización. ....	58
3.1.2. Evaluación preliminar.....	60
3.1.3. Estudio Detallado. ....	69
3.1.4. Estudio de factibilidad.....	85
3.1.5. Fase de implementación. ....	88
Conclusiones Parciales. ....	89
Conclusiones generales.....	92
Recomendaciones. ....	94
Bibliografía .....	95

## **Introducción.**

La preocupación por los problemas ambientales es evidente desde mediados del siglo XX, como consecuencia de la degradación provocada por el acelerado desarrollo industrial. A partir de entonces comienzan a difundirse ideas que cuestionan el modelo de crecimiento económico imperante y sus implicaciones en el deterioro del ambiente y la afectación de los recursos naturales.

El modelo de desarrollo que prevalece en el mundo, el cual ha permitido avances importantes muestra, desde hace algunas décadas, manifestaciones inequívocas de crisis. Al respecto, la degradación ambiental y situaciones que desmejoran la calidad de vida de la población son preocupantes; de hecho, los problemas socioeconómicos y ambientales amenazan la sostenibilidad del propio proceso de desarrollo de la humanidad, a mediano y largo plazo.

La conservación del medio ambiente debe considerarse como un sistema de medidas sociales, socioeconómicas, y técnico productivas dirigidas a la utilización racional de los recursos naturales, la conservación de los complejos naturales típicos, escasos y en vías de extinción, la protección del hombre como principal elemento así como la defensa del medio ante la contaminación y la degradación.

A partir de aquí es donde se establece por primera vez el concepto de “Desarrollo Sostenible” y donde urge a la industria, desarrollar sistemas efectivos de gestión medio ambiental que hagan compatible el desarrollo industrial con la salvaguarda del planeta en que vivimos.

Partiendo de esto comienzan a surgir las herramientas medioambientales como las etiquetas ecológicas que identifican a los mejores productos respecto al medio ambiente dentro de su categoría y que son aceptadas plenamente por los grandes consumidores del mundo. De ahí que la Producción más Limpia constituye un renovador paso, cuyas exigencias permiten alcanzar mejores resultados integrales en la empresa actual.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Producción más Limpia es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente, en los procesos productivos, involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente, el proceso. En productos, la Producción más Limpia ayuda a reducir el impacto ambiental, en la salud y en la seguridad de los productos durante todo su ciclo de vida”.

Cuba, no está ajena a todo lo que acontece a nivel mundial en esta materia, y aunque el país no dispone de todos los recursos materiales necesarios para solucionar parte de

los problemas ambientales existentes, aplicando algunos de los aspectos que contemplan las Producciones más Limpias, se pueden alcanzar resultados satisfactorios que beneficiarían tanto a la sociedad como al sector empresarial, permitiendo integrar los objetivos ambientales a los procesos de producción para reducir los residuos y las emisiones en cantidad y peligrosidad, para lo cual se aplica un enfoque de gestión ecosistémico y multisectorial con la participación oportuna y efectiva de los órganos de la administración central del estado, ratificado en el Lineamiento de PCC. No 135 donde expresa:

“Definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, la eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas. Considerar al importar tecnologías, la capacidad del país para asimilarlas y satisfacer los servicios que demanden, incluida la fabricación de piezas de repuesto, el aseguramiento metrológico y la normalización”.

Por estas razones la industria cubana se encuentra en una etapa de desarrollo y de incremento significativo de los niveles de producción, que necesariamente requiere de un incremento de las operaciones tecnológicas e implementar prácticas, medidas y tecnologías de Producción más Limpia que permite la aplicación de soluciones menos costosas, más sencillas y continuas para ayudar a las empresas a reducir los impactos ambientales de sus actividades y los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican.

La Empresa de Glucosa Cienfuegos, perteneciente a la industria alimenticia única de su tipo en el país, actualmente genera una gran cantidad de impactos potenciales de sus actividades, productos y servicios sobre el medio ambiente, por la alta carga de contaminación de sus aguas residuales, emisiones gaseosas y los desechos sólidos que emite, la ubican en una de las más contaminantes de la Bahía de Cienfuegos y de los diferentes ecosistemas que la rodean, revelando un pobre desempeño ambiental en el mejoramiento y mantenimiento de la calidad del medio ambiente y la protección de la salud humana.

De acuerdo con lo antes expuesto es necesario e imprescindible realizar un estudio basado en el concepto de Producción más Limpia para evaluar de forma integral y sistémica sus procesos productivos, haciendo énfasis en la prevención de la contaminación, la minimización de residuos y la reutilización, como principales opciones

para reducir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente, así como realizar un análisis y la toma de decisiones al respecto.

Por lo cual el objeto de estudio de esta investigación es la sección de recepción, limpieza y maceración del maíz, etapa primaria donde se procesa el maíz, materia prima fundamental para la obtención del resto de los procesos productivos que involucra la elaboración del Almidón de Maíz y Sirope de Glucosa de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

El problema científico, la hipótesis y los objetivos de la investigación son los siguientes:

### **Problema Científico.**

La ineficiencia en el desempeño ambiental de la sección de Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz de la Empresa de Glucosa Cienfuegos, provoca la existencia de malas prácticas.

### **Hipótesis.**

¿Es posible mejorar el desempeño general de esta etapa, disminuir los residuos sólidos, líquidos y gaseosos aplicando una Evaluación de Producción Más Limpia?

### **Objetivo general.**

1. Realizar una Evaluación de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, que permita mejorar el desempeño ambiental de la Empresa de Glucosa Cienfuegos.

### **Objetivos Específicos.**

1. Realizar un estudio documental que permita identificar las tendencias de aplicación de Producciones más Limpias en los procesos unitarios de recepción, limpieza y maceración de maíz utilizados en el proceso estudiado.
2. Proponer una metodología de Producciones más Limpias que permita evaluar el proceso estudiado de acuerdo a sus características.
3. Diagnosticar e identificar mediante la aplicación de esta metodología de Producciones más Limpias propuesta los principales problemas ambientales del proceso estudiado.
4. Proponer un plan de acción fundamentado técnico y económicamente que permita mejorar el desempeño económico ambiental del proceso estudiado.

Con vistas a alcanzar los objetivos planteados en la investigación el trabajo se estructura en tres capítulos, conclusiones y recomendaciones.

En el **Capítulo I** se realiza un estudio documental sobre el tema de las Producciones más Limpias, en el cual se considera la evaluación y aplicación de las mismas a los procesos de la industria alimentaria, se describe además de forma general los

principales aspectos de los procesos productivos para la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz en la obtención de Almidón de Maíz y Siropes de Glucosa.

En el **Capítulo II** se describen de forma general los aspectos socioeconómicos de la Empresa Glucosa Cienfuegos y en específico las características de la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz, objeto de estudio. Se propone además una metodología que permite realizar una Evaluación de las Producciones más Limpias del proceso estudiado, de acuerdo a las características del mismo.

En el **Capítulo III** se analizan los resultados a través de una evaluación preliminar y un estudio detallado de las entradas y salidas del proceso, así como cuales son las mayores potencialidades para aplicar una Evaluación de Producciones más Limpias al proceso objeto de estudio y se propone un plan de acción con las oportunidades para mejorar el desempeño ambiental y económico del mismo.

## **Capítulo I. Revisión Bibliográfica.**

### **1.1. Producciones más limpias. Fundamentos generales.**

#### **1.1.1. Evolución del enfrentamiento a la contaminación.**

La primera reacción a los impactos ambientales estuvo muy centrada en la regulación a través de mecanismos de comando y control, con una atención particular al control de estos, producidos por la contaminación de los suelos, las aguas o la atmósfera. La tecnología avanzaba en ese sentido, con sistemas de control «al final del tubo», daba por sentada la generación de contaminantes y centraban los esfuerzos en la mitigación de los impactos negativos a través del tratamiento de los residuales. (Masera D., 2004)

En los años sesentas y setentas, inicialmente en los Estados Unidos de América, se desarrolla el concepto de «prevención de la contaminación», ya que en la mayoría de los casos la generación de residuos era simplemente un resultado de procesos de producción ineficientes y una gestión dirigida a reducir la contaminación desde la «fuente», que representaba entonces, beneficios ambientales y económicos. (Masera D., 2004)

Ya a finales de los ochenta, tiene lugar una reacción de las políticas y estrategias ambientales que prevalecían, con la aparición de herramientas de gestión ambiental, llamadas de «adscripción voluntaria», las cuales suponen un cambio en el enfoque para afrontar la problemática ambiental. (Masera D., 2004)

A principios de los '90, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de la basura industrial y la contaminación podría ser mejorado, animando a instalaciones industriales a aplicar políticas preventivas de mayor impacto, como los tratamientos de efluentes y residuos. Varios estudios habían demostrado que en las compañías examinadas, los procesos si se hubieran manejado con más eficiencia, hubieran comenzado con la reducción de la contaminación, tiempo atrás. (Colectivo de Autores, 2009g)

Los investigadores descubrieron que podrían ayudar a cualquier compañía a reducir los costos productivos con un análisis sistemático de las fuentes. Esto es conocido como ir “encima del tubo” (over of pipe), en contraposición a los tratamientos de al “final de tubo” (end of pipe), es decir antes de la descarga al ambiente. Intervenir en los procesos de producción, mejora las operaciones de compra, y en última instancia implica el diseño de los productos mismos. Pero esto requiere un equipo de producción, de administración y de especialistas ambientales. (Colectivo de Autores, 2009g)

Estos cambios continúan en la década de los noventas, que aunque se siguen empleando los métodos de control y regulación, se aumenta el enfoque en las cuestiones preventivas. Los cambios se van moviendo entonces del «final del tubo», a la propia concepción de los procesos productivos. (Masera D., 2004)

El ámbito de la innovación se orientó al desarrollo de tecnologías que fueran capaces de generar impactos ambientales cada vez menores. Esto implicaba el desarrollo e introducción de innovaciones radicales, capaces de transformar los procesos productivos y los productos para minimizar el impacto ambiental. (Maserá D., 2004)

Todo lo antes expuesto puede verse reflejado en la figura 1.1.

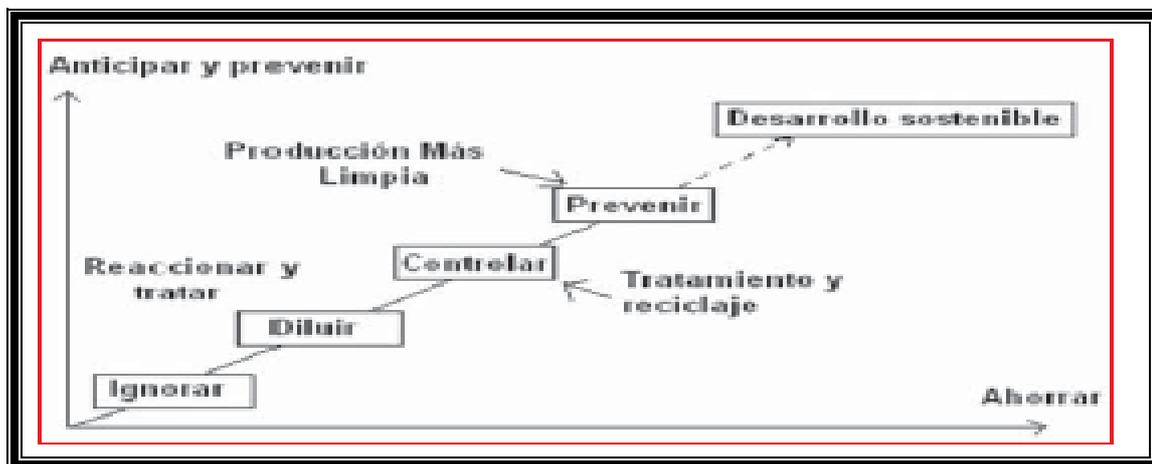


Fig. 1.1. Estrategias que han prevalecido para abordar la solución a la contaminación.

Fuente: (Serrano, J., 2006).

Como en otras esferas del quehacer ambiental, los primeros pasos para un cambio de paradigmas en el modo de enfrentar la problemática ambiental, se produce internacionalmente, a través de la aparición de nuevas ideas y conceptos en diversos documentos y acuerdos internacionales.

Evidenciándose este cambio durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en 1992. Por su parte, la Agenda 21, el Plan de Acción de la Cumbre de la Tierra adoptado en 1992, abordó la problemática ambiental desde una óptica mucho más profunda al afirmar que « [...] la principal causa del deterioro continuo del medio ambiente global son los patrones de consumo y producción no sostenibles, particularmente en los países industrializados». (Colectivo de Autores, 1992)

En la Agenda 21, la CNUMAD le dio prioridad a la introducción de los métodos de **Producción más Limpia** y a las tecnologías de prevención y reciclaje, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible. Esta prioridad se enfatizó en los *Capítulos 20, 22 y 30* de la *Agenda 21*. (Ochoa, G., 2007)

Por este motivo se hace necesario e imprescindible manejar otras directrices y exigencias dirigidas a industrias, consumidores, usuarios y otros grupos sociales, para impulsar cambios operacionales orientados de manera explícita a la mejora ambiental que no respondieran exclusivamente a lo estipulado en el marco regulatorio.

De pronto, la minimización de desechos, la prevención de la contaminación, y el reciclaje están presentes en las actividades cotidianas. En otras palabras, por fin se está razonando de manera más seria en producir sin desperdicios. Ya se piensa en aplicar una estrategia de **Producción más Limpia**.

### 1.1.2. Conceptos de Producciones más Limpias.

La Producción más Limpia es una estrategia para producir eco-eficientemente que generalmente encamina a las empresas por un camino necesario pero no suficiente hacia una economía sostenible, como se muestra en la figura 1.2.

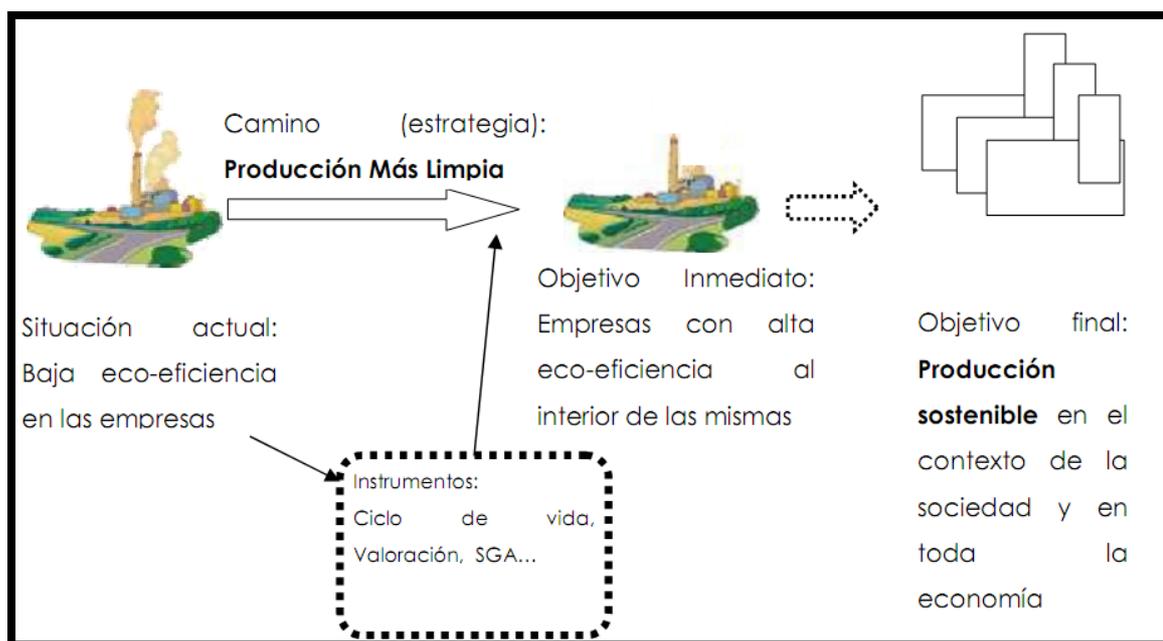


Fig. 1. 2. Producción más Limpia y su contexto. Fuente: (Centro de Nacional de Producciones más Limpias, 2004)

La Producción más Limpia (P+L) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente según (PNUMA/IMA 1999). (Colectivo de Autores, 1999b)

Este concepto fue definido sobre la base de cuatro criterios: puesta en práctica de una estrategia ambiental preventiva; conservación de materias primas y energía, la eliminación de los materiales tóxicos, la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos antes de que se concluya el proceso productivo; y la reducción de los impactos en todo el ciclo de vida del producto, es decir desde que se extraen las materias primas hasta su destino final; así como la constante aplicación de conocimientos, mejoramiento de la tecnología y cambio de actitudes. (Ochoa, G., 2007)

La Producción más Limpia está dirigida fundamentalmente a evitar la generación de residuos y emisiones, a disminuir el consumo de materias primas, materiales auxiliares,

agua y energía para contribuir así a la elevación del desempeño ambiental y económico de una organización. (Rivera, A., 2002)

Por lo tanto la **Producción más Limpia** es un término general que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este se aplica de igual manera al sector de servicio, a los sistemas de transporte y a la agricultura. Es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización de desechos, elución de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos, pero incluye algo más. También hace referencia a una mentalidad que enfatiza la producción de nuestros bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología actual y límites económicos. (Ochoa, G., 2007)

Otras definiciones de Producciones más Limpias son: (Ochoa, G., 2007)

1. Un proceso de fabricación, o una tecnología integrada en el proceso de producción, concebida para reducir durante el propio proceso, la generación de residuos contaminantes.
2. El método de fabricar productos en el que las materias primas y la energía son utilizadas en la forma más racional e integrada en el ciclo de vida materias primas-producción-consumo-recursos secundarios, de manera que el impacto sobre el funcionamiento del medio ambiente sea mínimo.
3. La integración de los objetivos ambientales en un proceso de producción o servicio con el fin de reducir los desperdicios y emisiones en términos de cantidad y toxicidad y por tanto reducir los costos.

Cualquiera que sea el enfoque dado, el énfasis principal es claro. Al igual que la prevención durante el proceso manufacturero, también es importante el tomar un enfoque del ciclo de vida para los productos en sí. Además de lograr un nivel más bajo de contaminación y de riesgos ambientales, la **Producción más Limpia** es, con frecuencia, una buena propuesta de negocios. El uso más eficiente de los materiales y la optimización de los procesos dan como resultado menos desechos y costos operativos más bajos. Por lo general, existe un aumento en la productividad de los trabajadores, con menos tiempo perdido por enfermedad y accidentes.

Para la realización de este trabajo se toma como partida el concepto de Producciones más Limpias establecido por el PNUMA.

La Producción más Limpia aborda la contaminación industrial de manera preventiva. Concentra la atención en los procesos, los productos, los servicios y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, con el objetivo de promover mejoras que permitan reducir o eliminar los residuos antes que se generen. (Colectivo de Autores, 2010e)

La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, la aplicación de Producciones más Limpias es más efectiva, desde el punto de vista económico y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento "al final del proceso". (Colectivo de Autores, 2010e)

Con la implementación de Producciones más Limpias se busca pasar de un proceso ineficiente de control de la contaminación "al final del tubo", a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía en el proceso, previniendo la contaminación al promover la sustitución de materias primas que contengan productos químicos peligrosos o muy contaminantes, y la creación de soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos. (Martínez, J., 2005)

El proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción como se muestra en la figura 1.3, dentro de los cuales se encuentran los niveles preventivos, la reducción y el reciclaje o reutilización y los de control que son el tratamiento y disposición final.

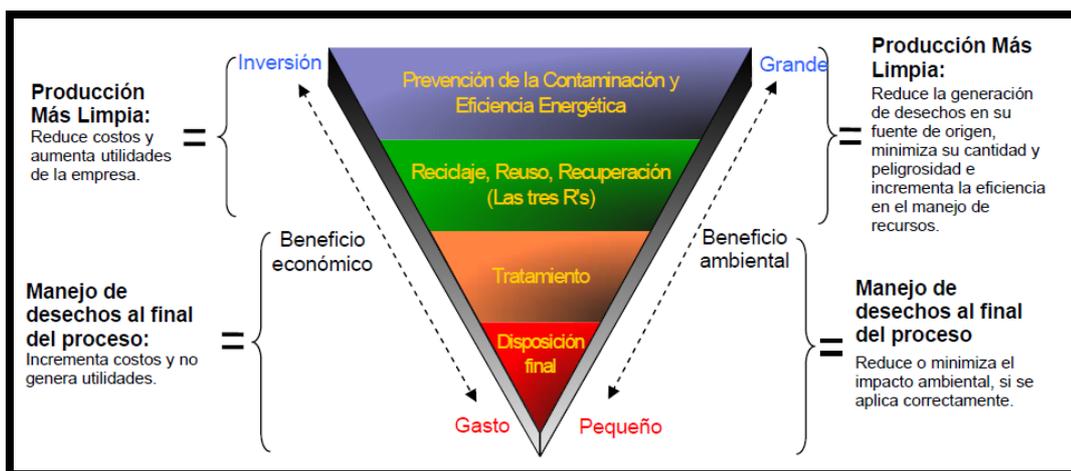


Fig. 1. 3 - Esquema piramidal de los niveles de reducción de contaminación. Fuente: (CONAM, 2003).

Es importante destacar que la filosofía del proceso de Producción más Limpia está sobre todo relacionada con la reducción al máximo de la generación de residuos a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, no existe una producción limpia como tal, la generación de residuos es inherente a cualquier proceso productivo. Lo que busca el proceso es evitar una generación excesiva de residuos, dado que por un lado es considerada una pérdida económica como producto del mal aprovechamiento de los recursos e insumos empleados, y por el otro, los residuos son contaminantes y afectan a la salud y al ambiente, por lo que su reducción permite prevenir impactos ambientales negativos. (Colectivo de Autores, 2010e)

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

Producciones más Limpias significa: (Colectivo de Autores, 2010e)

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

Política de ahorro de la Producción más Limpia. (Colectivo de Autores, 2010e)

- Al ahorrar materia prima
  - Al lograr un consumo de energía más eficiente
  - Al generar menos desechos
- } se ahorra más dinero.
- Más del 50 % de los desechos se puede evita con simples medidas.
  - Más del 65 % de las barreras de la Producción más Limpia están ligadas con la motivación y la actitud humana.

En la tabla1.1 se resumen los beneficios para las empresas, clientes y el medio ambiente que se pueden obtener al implementar la estrategia de Producciones más Limpias. (Ochoa, G., 2007)

Tabla No. 1.1. Beneficios de las Producciones más Limpias.

<p>Para la empresa.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Incrementa sus beneficios económicos.</li><li>• Posibilita el acceso a nuevos mercados.</li><li>• Reduce el riesgo de sanciones de la autoridad ambiental.</li><li>• Permite la incorporación del concepto de mejoramiento continuo.</li><li>• Mejora el control de los costos y la satisfacción de criterios de inversión.</li></ul> <p>Para los clientes.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muestra mayor confianza con una gestión de la calidad y ambiental demostrable.</li><li>• Incrementa la sustentabilidad del producto y su aceptación por el cliente.</li><li>• Aumento de la vida útil del producto.</li><li>• Mayores cuidados en la disposición final del producto.</li><li>• Existe un estímulo para que la empresa piense más en el cliente y reduce el riesgo de esta de no satisfacer a sus clientes.</li></ul> <p>Para el medio ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso racional de materias primas y otros insumos.</li><li>• Conservación de los recursos naturales.</li><li>• Disminución y control de los contaminantes.</li><li>• Armonización de las actividades con el ecosistema.</li></ul>
---

Además de los beneficios antes mencionados se identifican otros como son: (Colectivo de Autores, 2010e)

#### Beneficios Financieros.

- Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.).
- Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamientos y/o disposición final de residuos.
- Aumento de ganancias.
- Evita o disminuye la inversión en plantas de tratamientos o medidas "end-of-pipe".

#### Beneficios Operacionales.

- Aumento de la eficiencia de los procesos.
- Mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora en las relaciones con la comunidad y la autoridad de aplicación ambiental.
- Reducción de la generación de residuos.
- Aumento de la motivación del personal.
- Mejora condiciones de infraestructura de la planta productiva.
- Reduce costos de traslado y disposición de desechos.

## Beneficios Comerciales.

- Diversificación de productos a partir del uso de materiales de desecho.
- Mejora del posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- Mejora de imagen corporativa de la empresa.
- Facilita el acceso a nuevos mercados.
- Aumenta las ventas y el margen de ganancia.

Las practicas de Producción más Limpias "tiene como objetivo propiciar acciones que contribuyan a disminuir la carga contaminante al ecosistema, en función de garantizar la protección de su diversidad biológica, al mismo tiempo que se incrementan la eficiencia y los beneficios". (Caraballo, L., 2002)

Al mejorar la eficiencia en el uso de los insumos de producción y los rendimientos, se reducen los costos, se obtienen mayores ganancias y se mejora la posibilidad de competir con mejores precios en los mercados nacionales e internacionales. El uso eficiente de los recursos, reduce el impacto ambiental y mejora la imagen de la empresa o proyecto.

### 1.1.3. Historia de las Producciones más Limpias en Cuba.

En épocas tan tempranas como finales de 1993, aproximadamente un año de la Cumbre de Rio. El Programa Nacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, aprobado por nuestro Gobierno y que constituye la adecuación cubana de la Agenda 21, dedica un Capitulo, el No. 18, a la Producción más Limpia (P+L) en la Industria y el Comercio.

El Programa Nacional define como sus objetivos los siguientes: (Caraballo, L., 2002)

- **Primero:** Elevar la eficiencia en el uso de los recursos, considerando entre ellos el aumento de la reutilización y el reciclado de los desechos, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de desechos por unidad de producción.
- **Segundo:** Fortalecer el concepto de la administración responsable en la gestión ambiental y uso de los recursos por la empresa.

Pero no solo la política ambiental cubana ha dirigido sus esfuerzos al logro de una Producción más Limpia. Al estudiar el Derecho Ambiental Cubano, resulta evidente la presencia en su legislación de disposiciones que contribuyen a disminuir la carga contaminante en función de reducir los riesgos a la vida humana y el medio ambiente. Donde la Ley 81 de 1997, del Medio Ambiente establece como uno de los principios que aseguran las acciones ambientales para el logro de un desarrollo sostenible, el deber de aprovechar los recursos naturales de manera racional, previniendo la generación de impactos negativos sobre el medio ambiente, llegando incluso a establecer de manera expresa que "la falta de certeza científica absoluta no podrá alegarse como razón para dejar de adoptar medidas preventivas", da testimonio de la existencia en Cuba de las bases jurídicas que aseguran la promulgación de instrumentos legales dirigidos al logro de una Producción más Limpia. (Caraballo, L., 2002)

CUBA posee una estructura diferenciada de los demás centros, por presentar cinco puntos focales: el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CIGEAAMA); el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar), que pertenece al Ministerio de la Industria Azucarera (ICIDCA); el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia del Ministerio de la Industria Alimenticia (IIIA); el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical del Ministerio de la Agricultura ( IIFT); y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB). Estas unidades actúan según las líneas generales establecidas por el PNUMA/ONUDI, dividiendo las tareas, teniendo como público objetivo organismos públicos, unidades productivas e instituciones de enseñanza, entre otros.

La introducción de las Producciones más Limpias en Cuba ha tenido algunas limitaciones debido a: (Serrano, J., 2006)

- Insuficiente inclusión de las Producciones más Limpias en las estrategias ambientales vigentes, tanto nacionales como sectoriales y las territoriales.
- Forma de abordar las soluciones a los problemas ambientales enfatizando el uso de tecnologías al final del tubo, en lugar de la toma de acciones de carácter preventivo a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio.
- Carencia de recursos materiales y la necesidad de financiamiento para llevar a cabo inversiones.
- Falta de conocimiento por parte de directivos, personal técnico y demás trabajadores para entender lo que significa la aplicación de este concepto y los beneficios económicos y ambientales que reportan para la empresa cubana.

Sin embargo existen posibilidades reales de su aplicación en Cuba porque a diferencia del resto de los países subdesarrollados se cuenta con una voluntad política para enfrentar los problemas de contaminación, además de una política ambiental que incluye el concepto, la coordinación y sinergia entre los actores involucrados en el tema (gobierno, industria y sociedad). (Serrano, J., 2006)

La aplicación de prácticas de Producción más Limpia, conduce a la producción de bienes y servicios con el óptimo uso de los recursos naturales y materiales bajo los actuales límites tecnológicos y económicos. Cada acción que se realice con el fin de reducir el consumo de materias primas, agua y energía y para prevenir o reducir la generación de residuos, puede aumentar la productividad y traer ventajas económicas a la empresa. Las Producciones más Limpias es una estrategia de "ganar- ganar", con su aplicación se protege el medioambiente, al consumidor y al trabajador, mientras que mejora la eficiencia industrial y eleva la competitividad. Es una filosofía de mirar hacia delante, "anticipar y prevenir". (Moreno, C., 2009)

## 1.2. Metodologías de las Producciones más Limpias.

Desde 1990, La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha conducido un programa intensivo y pro ambiental, acompañado de una campaña de información y entrenamiento para promover tecnologías limpias o ambientalmente amigables. El programa se diseñó para incrementar la eficiencia y productividad al reducir la contaminación ambiental. (Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial, 1999)

Las Producciones más Limpias son un proceso sistemático enfocado a la eliminación de desperdicios en la producción de bienes o servicios, incluyendo la reducción y, eventualmente, la eliminación de los desperdicios en el origen, más que el tratamiento de los residuos al final del proceso de producción.

Para una evaluación e implementación de las Producciones más Limpias existen dos aspectos fundamentales que constituyen el método para su aplicación:

**Evaluación de las Producciones más Limpias (EP+L):** Es el proceso de manejo de la información requerida para identificar posibles mejoras del proceso, enfocadas a la reducción de los desperdicios en una empresa y para la preparación de los planes para ejecutar esas mejoras.

**Implementación de las Producciones más Limpias:** Es la aplicación y el accionar de los planes de mejoramiento dentro de la empresa.

En la realización de este trabajo tratamos uno de los aspectos antes mencionados que es la Evaluación de las Producciones más Limpias, en las revisiones bibliográficas realizadas constatamos que existen varias metodologías para realizar una evaluación. A continuación relacionamos algunas de ellas:

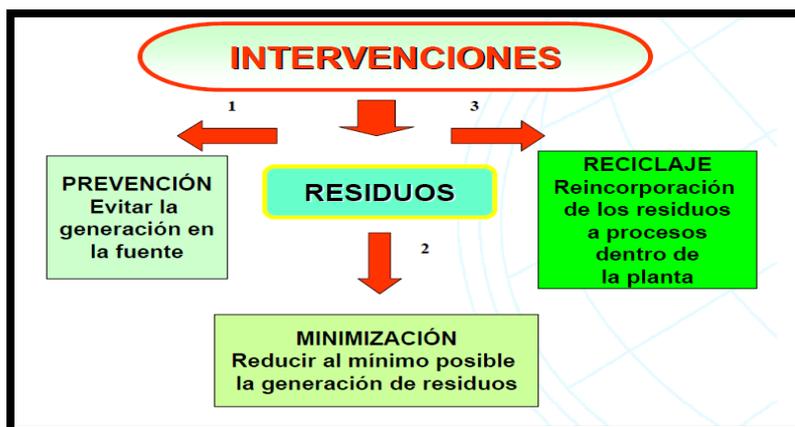


Fig.1. 4 – Conceptos básicos de P+L. Fuente: (Organización De Las Naciones Unidas Para el Desarrollo Industrial, 1999)

La metodología de Producciones más Limpias desarrollada por Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) se basa en la evaluación de los

procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas. Esta metodología se basa en tres conceptos fundamentales que se conocen en la literatura especializada como las tres 3 R's, Reducción, Reutilización y Reciclaje(Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial, 1999) lo que se explica en la figura 1.4.

**1.2.1. Metodología de Producciones más Limpias (P+L) implementada en el Programa de Producción más Limpia (P+L) del ONUDI/PNUMA, consta de cuatro fases fundamentales tal y como se aprecia en la figura 1.5. (Colectivo de Autores, 2007)**



Fig.1.5 - Etapas para la Implementación de las Producciones más Limpias. Fuente:(Colectivo de Autores, 2007)

**Fase I “Planeación y organización.”**

- Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.
- Organizar el equipo de Producciones más Limpias.
- Definir claramente las metas del Programa de Producciones más Limpias en la empresa.
- Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias.
- Capacitar a mandos intermedios y operarios.

**Fase II “Evaluación de Planta.”**

- Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción (volumen de materiales, residuos y emisiones en el flujo).
- Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas.
- Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.
- Organizar el equipo evaluador.
- Generar opciones.

**Fase III “Estudio de factibilidad.”**

- Evaluación técnica, económica y ambiental: considerando como estos elementos afectan a la producción, la calidad, el ambiente, los costos de inversión y beneficios.
- Definición de recomendaciones.
- Selección de las medidas a tomar.

#### Fase IV "Implementación"

- Establecer la fuente y el monto de los fondos destinados al proyecto.
- Ejecutar las medidas recomendadas: asignación de recursos y determinación de los responsables de llevar a cabo estas medidas.
- Monitorear y evaluar las medidas implementadas, mediante el uso de indicadores que permitan medir el desempeño, de auditorías internas y de reportes de seguimiento.

**1.2.2. Metodología de Producción más Limpia (P+L) descrita por (Ochoa) y expuesta en el modulo de la maestría, consta de cinco fases fundamentales tal y como se aprecia en la figura 1.6. (Ochoa, G., 2007)**

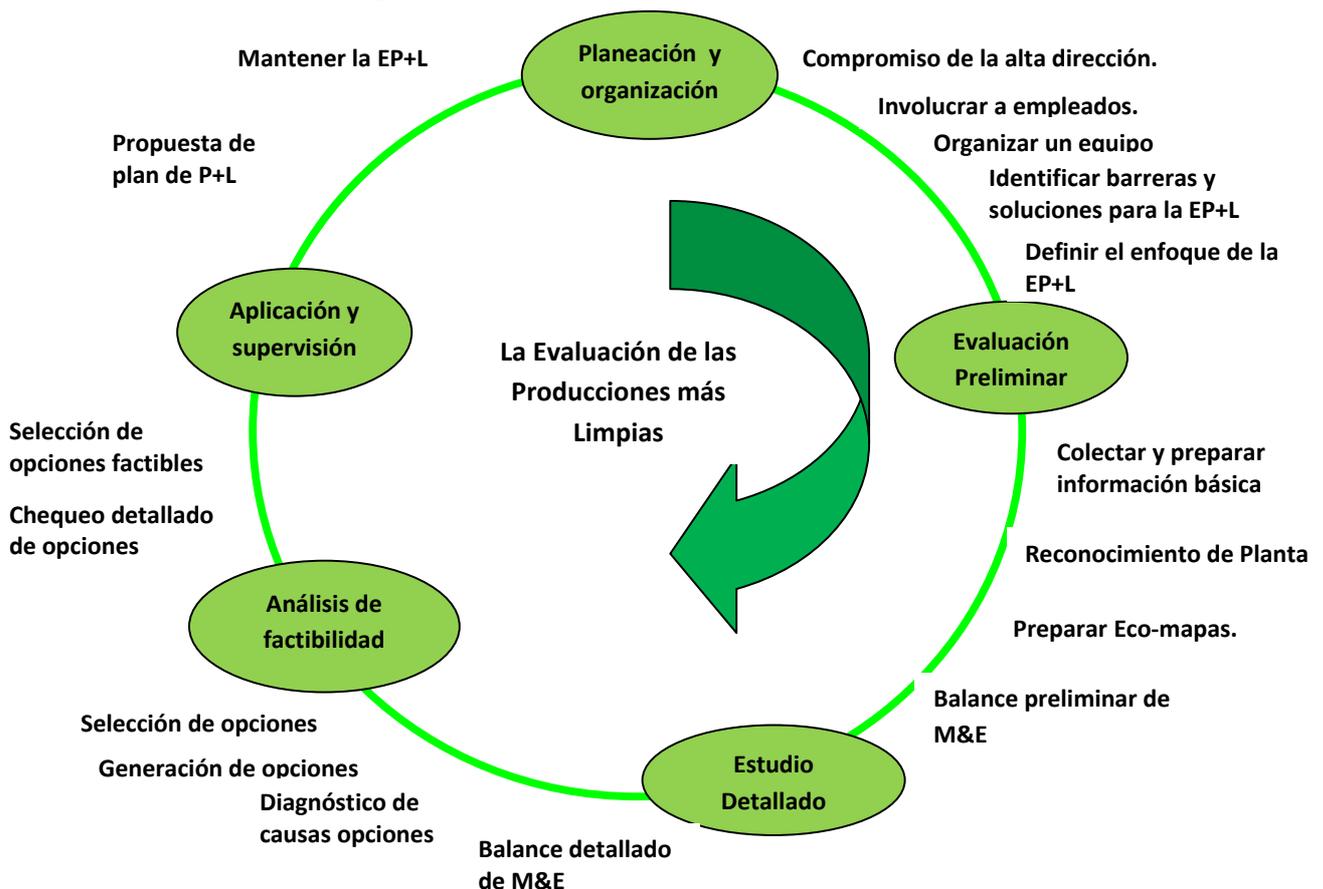


Fig. 1.6 - Etapas de implementación de Producciones más Limpias. Fuente: (Ochoa, G., 2007, pág. 5)

## **Pasos del método genérico de la EP+L.**

### **Fase I “Planeamiento y organización”.**

- Obtener el compromiso de la dirección superior.
- Involucrar a los empleados.
- Organizar un equipo de Producciones más Limpias.
- Identificar los impedimentos y soluciones a la EP+L como un proceso.
- Decidir el enfoque de la EP+L.

### **Fase II “Evaluación preliminar”.**

- Colectar y preparar la información básica (preparación de los diagramas de flujos del proceso, identificar las entradas de materias, agua y energía, salidas del proceso, destinos finales, determinar los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado externo y de reutilización, los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado externo y de reutilización, identificar las corrientes con materiales peligrosos así como la segregación de corrientes de desperdicios).
- Conducir los reconocimientos de la planta.
- Ejecutar el balance preliminar de materiales y energía (recogida de datos, caracterización del proceso a través de diagramas de flujo, entrada y salida, mapas de consumo, balance de energía).
- Preparar un Eco-mapa.

### **Fase III “Estudio detallado.”**

- Elementos del Balance Detallado de M&E:
  - Recolección de datos.
  - Validación de datos.
  - Balances de masa.
  - Confección de los Mapas Cuantitativos de Consumo.
  - Diagnóstico de causas.
  - Generación de opciones.
  - Selección de opciones más obvias.

### **Fase IV “Análisis de factibilidad.”**

- Chequeo detallado de opciones.
  - La evaluación técnica.
  - Evaluación medioambiental.

- Aspectos de seguridad.
- La evaluación económica.
- Selección de Opciones Factibles.

#### **Fase V “Aplicación y Supervisión”**

- Plan de aplicación de las Producciones más Limpias.
- Sostener en el tiempo la Evaluación de las Producciones más Limpias.

Por su parte, esta Evaluación de Producciones más Limpias contiene dos etapas críticas:

- La evaluación preliminar.
- El estudio detallado.

**1.2.3. Metodología de Producción más Limpia (P+L) descrita por (Orcés en ESPOL Ciencia 2003), aplicada a una empresa alimenticia, consta de tres fases fundamentales tal y como se muestra en la figura 1.7. (Orcés, E., 2004)**

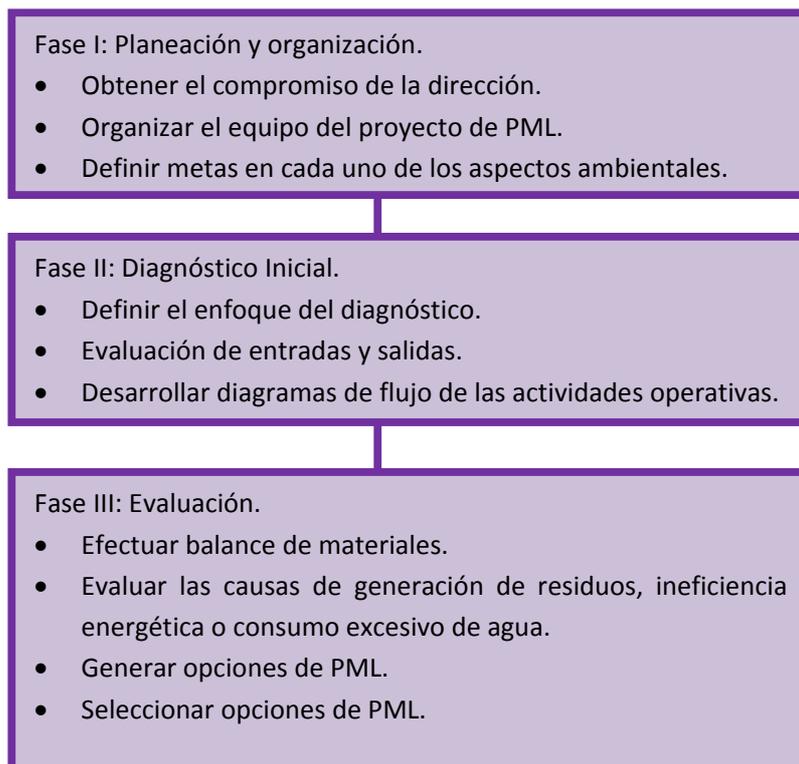


Fig.1.7. Fases de implementación de Producciones más Limpias. Fuente: (Orcés, E., 2004)

**1.2.4. Metodología de Producción más Limpia (P+L), descrita por (Rigola), consta de siete etapas fundamentales como se aprecia la tabla 1.2. (Rigola, M., 1998).**

Tabla No. 1.2. Etapas de implementación de Producciones más Limpias. Fuente: (Rigola, M., 1998).

<p><b>Etapa I. Preparación de la evaluación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Compromiso de la alta dirección y manifestación expresa de su soporte a la evaluación.</li><li>• Definición de los objetivos final y parcial.</li><li>• Organización del equipo auditor.</li></ul> <p><b>Etapa II. Revisión de la documentación del proceso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Revisión de las etapas y unidades de proceso, diagramas de proceso incluyendo los tratamientos de corrientes residuales.</li><li>• Identificar las entradas de materias primas, agua y energía.</li><li>• Identificar las salidas del proceso.</li><li>• Identificar los destinos finales.</li><li>• Determinar los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado externo y de reutilización.</li><li>• Identificar las corrientes con materiales peligrosos.</li></ul> <p><b>Etapa III. Verificar la información sobre el terreno.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una inspección visual sobre el terreno.</li><li>• Revisar datos y completar con datos reales.</li></ul> <p><b>Etapa IV. Análisis de balances y rendimientos del proceso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Completar los balances de materia y energía.</li><li>• Evaluar la eficacia en el uso de materias y energía.</li><li>• Hacer análisis de energía y ajuste termodinámico (pinch).</li><li>• Investigar el potencial de segregación de las corrientes.</li></ul> <p><b>Etapa V. Identificación de oportunidades y evaluación técnica.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar las opciones más obvias.</li><li>• Identificar otras corrientes con problemas.</li><li>• Desarrollar alternativas a largo plazo.</li></ul> <p><b>Etapa VI. Evaluación económica.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Determinar los costes actuales y anticipar los futuros.</li><li>• Realizar estudios de viabilidad.</li><li>• Determinar prioridades de ejecución.</li></ul> <p><b>Etapa VII. Plan de acción.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar un informe con conclusiones.</li><li>• Diseñar un plan de acción.</li><li>• Obtener fondos.</li><li>• Ejecutar las opciones.</li><li>• Verificar los resultados.</li><li>• Medir el progreso.</li><li>• Revaluar en su caso.</li></ul>
---

Por lo que se puede apreciar todos estas metodologías tienen aspectos comunes a desarrollar coincidiendo en la planeación y organización donde juega un papel

importante el conocimiento y aprobación por la dirección del centro que se realice el estudio y su implementación para el mejoramiento de las condiciones ambientales de la industria que se trate, así mismo hay que realizar un diagnóstico detallado de los problemas tanto cualitativos como cuantitativos proponiendo un plan de medidas, su evaluación y supervisión posterior. En este trabajo aplicamos la metodología descrita por el PNUMA/ ONUDI ya que es la que más se adapta a las condiciones actuales de la fábrica y en específico la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz objeto de estudio del presente trabajo.

### **1.3. Producciones más Limpias en la Industria Alimenticia.**

En la industria alimenticia las cantidades y propiedades de sus residuales son muy variables teniendo en cuenta que a las sustancias de pérdida de los procesos, se añaden los aditivos alimentarios y productos para la limpieza de equipos y locales. (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1998)

Los subproductos y residuales de sus diferentes ramas industriales pueden utilizarse dentro de la misma industria o en otros sectores. Muchos de estos residuales no son aceptables para consumo humano a pesar de su considerable valor nutricional, debido a sus factores organolépticos negativos y excesivo contenido de material de lastre, por lo que la manera más positiva de aprovecharlos es convertirlos en alimento animal para obtener carne, leche y huevos. De esta forma, el sector agropecuario es el receptor más importante de sus residuales, aunque otros como las industrias ligera y farmacéutica también los utilizan en algunas de sus producciones. A su vez, la industria alimenticia es una de las actividades o sectores con potencialidad y necesidad de utilizar materiales reciclados como son las botellas y frascos de alimentos, sacos para harina, cestas plásticas y envases de diferentes tipos. (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1998)

Las principales acciones a tomar internamente dentro de la industria son: (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1998)

1. Caracterización de los residuales y análisis de sus posibles usos.
2. Introducción de métodos de segregación para la recolección de los residuos con posibilidades de ser reutilizados.
3. Recolección y extracción de sólidos de las canalizaciones de residuales, mediante trampas, tamices, etc.
4. Aplicación de medidas organizativas dentro y fuera de la industria para asegurar la rápida extracción y uso de los residuos recuperados. Creación de condiciones para su almacenamiento apropiado, con el fin de evitar la descomposición de la materia orgánica.
5. Control y disminución del consumo de agua industrial, realizando limpiezas secas siempre que sea posible.

#### **1.4. Producciones más Limpias en Fábricas de Glucosa.**

La fábrica de Glucosa de Cienfuegos, es única en Cuba, por lo que ha sido difícil encontrar bibliografías y datos referidos a su funcionamiento, así como metodología para la aplicación de Producciones más Limpias de otras empresas con una similitud en sus procesos y operaciones unitarias.

Esta fábrica perteneciente a la Industria Alimenticia, tiene dos procesos asociados la Producción de Almidón de Maíz y Producción de Glucosa.

Para la producción tanto de Almidón como de Glucosa, se utiliza maíz el cual es la materia prima fundamental en el proceso de obtención de estos productos, él mismo debe ser procesado pasando por diferentes operaciones unitarias.

Estos dos procesos tienen un punto en común que es el tratamiento previo al maíz, como son la recepción, limpieza y su maceración, los cuales como se puede apreciar en los objetivos de la tesis y más ampliamente en el capítulo uno, parte del objetivo de estudio de ella consiste a hacer referencia a estos procesos, utilizados en fabricación ya sea de Almidón o Glucosa. Y es por ello que ampliaremos las nociones técnicas relacionadas con los mismos.

En estas etapas además de la utilización de maíz, se utiliza azufre sólido como materia prima en la obtención de agua sulfurosa, vehículo utilizado en el proceso de maceración, para el remojo del maíz, así como otros procesos auxiliares como agua, vapor, electricidad.

##### **1.4.1. Maíz.**

El maíz es originario de América, donde era el alimento básico de las culturas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran al Nuevo Mundo. El origen de esta planta sigue siendo un misterio. Hay pruebas concluyentes, aportadas por los hallazgos arqueológicos y paleobotánicos, de que en el valle de Tehuacán, al sur de México ya se cultivaba maíz hace aproximadamente 4.600 años.

El maíz es introducido en Europa en el siglo XVI. El 15 de noviembre de 1492 dos mensajeros de Colón, al regresar de una exploración a Cuba, declararon haber visto "una clase de grano, que llaman maíz, de buen sabor cocinado, seco y en harina". El maíz se fue encontrando luego sucesivamente en toda América, desde Chile hasta Canadá. Actualmente no hay ningún país en la América Latina que no siembre maíz. El maíz constituye, con los frijoles, el alimento fundamental en México y América Central. En los E.U.A., en donde se llama corn, y se produce en escala gigantesca. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz. (Acuña, S., 2010)

La mazorca está constituida por granos como se observa en la figura. 1.8.



Fig. 1.8–Planta de Maíz. Fuente:(Acuña, S., 2010)

#### **1.4.2. Elementos nutritivos.**

La semilla o grano es una cariopsis. Sus constituyentes en promedio son: (Acuña, S., 2010)

- Agua 13,5 %.
- Proteína 10%. La ceína que es la principal proteína del endospermo, es muy deficiente en lisina (2%), triptófano (0.5%).
- Aceite 4,5 % en el grano entero, encontrándose ácidos linoleicos, palmítico y araquidónico.
- Almidón 61,0 %. Compuesto en un 27 % por amilasa y un 73 % por aminopectina.
- Azúcares 1,4 %.
- Pentosanos 6,0 %.
- Fibra Cruda 2,3 %.
- Sustancias Minerales: Las cenizas que están constituidas por P (0.43%), K (0.40%) , Mg (0.16%) S (0.14%) y otros minerales 0.27%.
- Vitaminas: Existen cantidades significativas de caroteno 4,85 mg/kg, Vitamina A 4188,71 mg/kg, Tiamina 4.54 mg/kg, Riboflavina 1.32 mg/kg, Niacina 14.11mg/kg, Ácido pantoteico 7,41 mg/kg y Vitamina E 24,71 mg/kg.

#### **1.4.3. Usos del Maíz.** (Colectivo de Autores, 2010f)

El maíz constituye uno de los principales alimentos cultivados en el mundo su uso no solo se centra en la alimentación humana, de él se extraen más de 600 productos que se aplican en industrias tan diversas como la farmacéutica, de plásticos y textiles, del papel y corrugados y de belleza. En la figura 1.9 relacionamos algunos de sus usos.

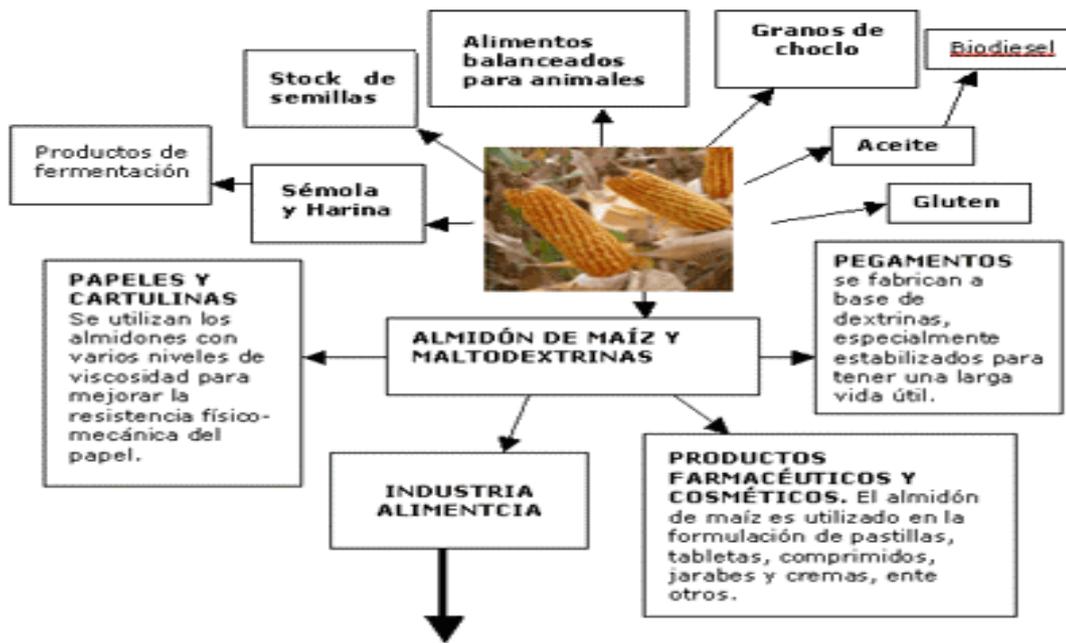


Fig. 1.9. Aplicaciones del Maíz. Fuente: (Colectivo de Autores, 2010f)

Del maíz se extrae harina para la confección de pan de maíz, tortas de maíz, arepas u otros productos de repostería.

El maíz es rico en almidón, que se utiliza en el lavado de ropa y en la cocina. Con cierto tratamiento químico se hace un jarabe del almidón del maíz. De parte de este jarabe se obtiene azúcar de maíz o glucosa.

De los granos germinados se separan los gérmenes, los cuales se secan, trituran y se extrae de ellos, por presión, aceite de maíz. Dicho aceite se utiliza como alimento y también en la fabricación de los barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones. El residuo sirve aún como forraje.

Se usa en la alimentación animal por si mismo o constituyendo un ingrediente muy importante en la composición de piensos para cerdos, aves y vacas.

Desde un punto de vista industrial se utiliza para la obtención de endulzantes alimentarios (sirope de maíz) y de alcohol que se produce por la fermentación de su azúcar. Este se utiliza en la fabricación del gasohol o carburol un combustible formado por gasolina y alcohol. De esta manera se consigue hacer funcional los vehículos con un carburante más barato que la simple gasolina.

De las partes no aprovechables, se obtiene furfural un componente que se utiliza en la industria del caucho, resinas, plásticos, insecticidas o líquidos para embalsamar.

## **1.5. Descripción de los procesos de maceración de maíz para la obtención de Almidón o Glucosa.**

Para la obtención de Almidón de Maíz o Jarabes de Glucosa, se utiliza el maíz que es la materia prima fundamental en nuestro país y en otros países, como se puede observar en el apéndice anterior para la fabricación de los diferentes productos en los que se usa, el mismo transita por tres procesos como son recepción y limpieza del grano y su maceración, y un proceso auxiliar para la obtención de agua sulfurosa utilizada en el remojo del grano, a continuación se expone brevemente dichas operaciones unitarias.

### **1.5.1. Proceso de Limpieza.**

El maíz una vez llegado a la industria, se almacena en silos y posteriormente es sometido a un sistema de pre- limpia, en el cual no se descarta el fumigado, donde se le sacan productos extraños con zaranda que poseen tamices o cribas de material perforado y mediante aspiración con aire seco se puede eliminar impurezas adheridas al grano. En la figura 1.10 se muestra un tipo de zaranda convencional. (Acuña, S., 2010).



Fig. 1.10. Zaranda de tipo convencional para tamizado de maíz. Fuente: Empresa de Glucosa Cienfuegos.

El material ferroso que pueda perjudicar la maquinaria, se desechan por vía magnética. Las piedras y arena son eliminadas en las llamadas mesas de gravedad o máquinas de flotación de aire, las que separan el material por diferencia de peso específico.(Acuña, S., 2010)

Una vez limpio el maíz se somete a un proceso de maceración en el cual primeramente es pesado la cantidad de maíz limpio que se echa en los tanques de macerar.

### **1.5.2. Proceso de Maceración.**

Una vez que el maíz pasa por el proceso de limpieza, como se explica en el acápite anterior, éste se somete a un proceso de maceración la cual consiste en un tratamiento previo (químico), con el objetivo de humedecer el grado para su posterior

ablandamiento. En la figura 1.11 se muestra el diagrama de proceso de la etapa. (Giménez, J., 2010)

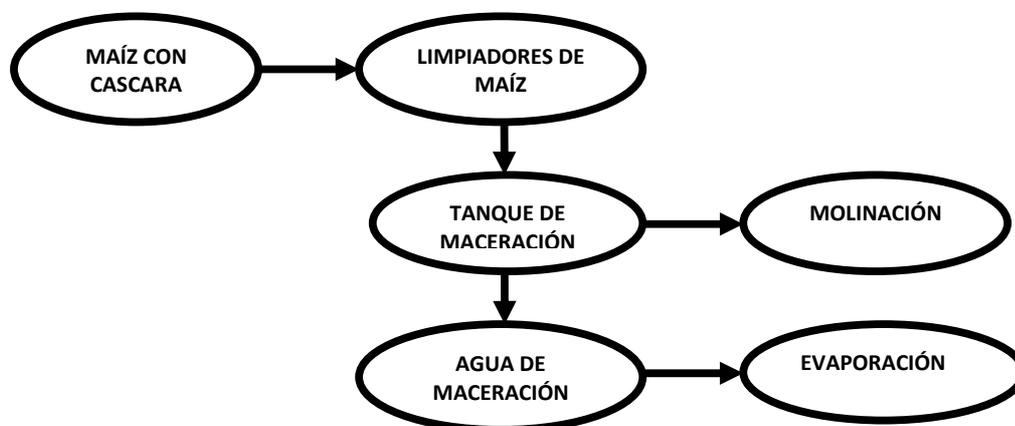


Fig. 1.11. Diagrama de proceso etapa de limpieza y maceración. Fuente: Elaboración propia.

Para la maceración de maíz, este se sumerge en agua con 0.1 – 0.2 % de dióxido de azufre. Se controla la temperatura alrededor de 48 – 52 °C y la duración varía de 30 a 50 horas. A causa de esto el maíz presenta un 45 % de humedad y se ablanda suficientemente (se puede detectar tocándolo). Durante este proceso de maceración se solubiliza el 6 % del maíz. (Acuña, S., 2010)

Comercialmente se realiza este proceso en cubas que contienen hasta 105 m<sup>3</sup>. Normalmente el sistema de maceración utiliza 10 cubas en baterías, trasladando el maíz desde la cuba 1 a la 10 y el agua de maceración desde la 10 a la 1. (Acuña, S., 2010)

Durante la maceración, va disminuyendo el nivel de dióxido de azufre en el agua de maceración a medida que van reaccionando más iones bisulfitos con la proteína. Aunque el dióxido de azufre frena el desarrollo de algunos organismos, no detiene algunos lacto bacilos. La maceración a 45 – 55 °C favorece la producción de organismos lácticos y las temperaturas más bajas conducen a la producción de ácido butírico. El propio maíz parece ser la fuente de los microorganismos. El papel del ácido láctico producido en la maceración, no está claro. Parece que solamente tiene un mínimo efecto en el ablandamiento del grano de maíz. Quizás su principal efecto sea el de bajar el pH y de detener el crecimiento de otros organismos. (Acuña, S., 2010)

Después de la maceración, el líquido de maceración contiene unos 60 gramos de solubles totales por litro. Generalmente, el líquido de maceración se concentra hasta un 55 % de sólidos para obtener un jarabe espeso llamado corrientemente licor de maíz o "corn steep" y se mezcla con la cáscara (o más correctamente el salvado) y/o el germen agotado, para destinarlo a la alimentación animal. (Acuña, S., 2010)

Los sólidos del líquido de maceración, también forman parte de medios de crecimiento, para la producción de ciertos microorganismos de interés. Los sólidos desecados contienen un 35 % de nitrógeno proteico, 26 % de ácido láctico, 18 % de cenizas y 7 % de ácido fítico, además contienen niveles razonables de vitamina B.(Acuña, S., 2010)

El principal interés del corn steep se refiere a su composición específica debido a la transferencia y transformación por fermentación láctica de estas materias solubles. Esta composición contiene factores favorables al crecimiento de los microorganismos, y hacen del corn steep una fuente ideal de materias nutritivas, en especial en las industrias de fermentación. Se utiliza en la mayor parte de las producciones biológicas, de antibióticos, de vitaminas, de ácidos orgánicos, de enzimas. Se utiliza igualmente en la producción de biomasa. (Roquette, F., 2003)

Después de la maceración, el 60 % del maíz procesado pasa al molino con el objetivo de separar el almidón, proteínas y fibra. La fibra (salvado) tiende a permanecer en piezas más grandes y se elimina por tamizado. En la figura 1.12 se muestra una batería de cubas para la maceración.(Acuña, S., 2010)



Fig. 1.12. Baterías de cubas para la maceración de maíz. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

### **1.5.3. Proceso de obtención de agua sulfurosa.**

La maceración del maíz se realiza con agua sulfurosa, conteniendo entre 1 500 y 2 000 ppm como  $\text{SO}_2$  (g). El dióxido de azufre se suele producir quemando azufre sólido ( $\text{S}_8$  (s)) en contacto con oxígeno. El dióxido sirve para detener el crecimiento de organismos de la putrefacción, y es que el ion bisulfito reacciona con los enlaces disulfuro de la matriz proteica del maíz y reduce el peso molecular de las proteínas haciéndolas más hidrófilas y más solubles. El resultado es que el almidón se libera con más facilidad de

la matriz proteica y el rendimiento de almidón es superior. Para aprovechar el calor de la combustión se inyecta agua que es utilizada en el proceso. El dióxido de azufre tiene propiedades desinfectantes, por ello fue utilizado durante siglos en la desinfección por ejemplo de las cubas de vino quemando azufre en su interior. También se utiliza en la industria alimenticia como conservante y antioxidante generalmente de zumos, frutos secos, mermeladas, vino etc. En al fig. 1.13 se muestra un quemador de azufre para la producción de  $\text{SO}_2$  (g).



Fig. 1.13. Quemador de azufre. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

El  $\text{SO}_2$  (g) se introduce en torres de absorción para la formación del agua sulfurosa, la cual es alimentada a los silos de maceración y el  $\text{SO}_2$  (g) no disuelto sale como gases de escape a la atmósfera. En la figura 1.14 se muestra diagrama de flujo del proceso.

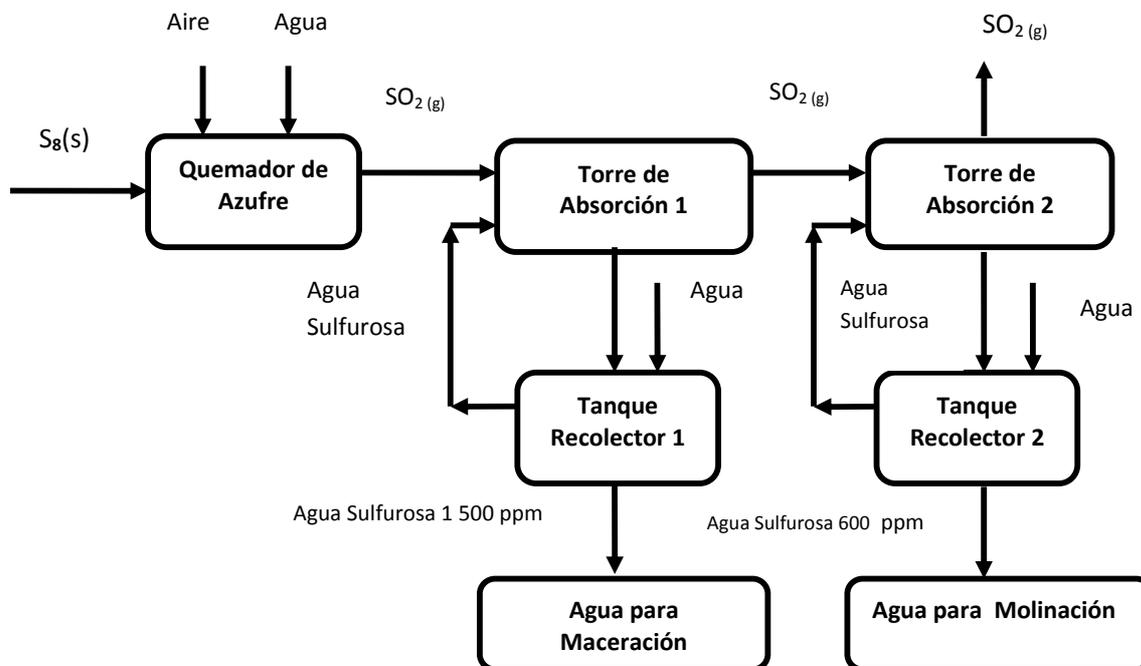


Fig.1.14 Diagrama de flujo de obtención de agua Sulfurosa. Fuente: Elaboración propia.

El escape de SO<sub>2</sub> (g) puede producir impactos ambientales, a continuación relacionamos algunos de ellos: (Colectivo de Autores, 2010b)

- El dióxido de azufre es el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico.
- El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos. La concentración máxima permitida en los lugares de trabajo es de 2 ppm, valor letal 100 ppm (262mg/m<sup>3</sup>), Umbral de olor 0,5 ppm (1 mg/m<sup>3</sup>) (es detectado por el olfato humano).

### **1.6. Tecnologías de avanzada enfocada a las Producciones más Limpias**

Los equipos de quemador de azufre, zarandas, aspiradoras, torres de absorción, tanques, evaporadores y sistema de enfriamiento son convencionales en los procesos físicos, químicos y biológicos de la Ingeniería Química. Los silos o tanques de maceración son típicos de la industria alimenticia y en el remojo del maíz. En los últimos tiempos los avances tecnológicos han estado encaminados a la fabricación de equipos y elaboración de procesos con alto grado de automatización, equipos de maceración y torres de absorción con alta eficiencia para evitar pérdidas de SO<sub>2</sub>(g) al ambiente, lograr mayor transferencia de masa y calor en los procesos mediante las líneas de recirculación de aguas sulfurosas y uso adecuado del vapor. Por lo cual tratan de ofrecer al mercado tecnologías de producciones más limpias y bajo impacto ambiental que los países en vías de desarrollo no pueden adquirirlas por los altos costos y en muchas ocasiones nos transfieren las tecnologías obsoletas, que tienen que ser explotadas, aun cuando debieron ir para chatarras.

Estos procesos modernos necesitan la aplicación adecuada de los sistemas de gestión de tecnología suave, como: Diagnósticos de Mantenimientos, Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Ambiente, SST, HACCAP, Energía, etc.). Algunos de ellos han sido implementados en la industria cienfueguera, como Cementos, ALFICSA SA, Refinería, etc.

Estas tecnologías son ofertadas por varias transnacionales desde hace más de 50 años, tales como: ALFA – LAVAL, SEI Contreras Ingeniería que se especializa en el diseño de equipos que intervienen en procesos que agregan valor al maíz. Derivados como almidón, maltodextrinas, jarabes de glucosa, dextrosa, jarabes de alta fructosa y polialcoholes como sorbitol y manitol, entre otros, hacen de este grano una de las bases de la industria alimenticia y farmacéutica. Otros subproductos como gluten feed y gluten meal son de importancia en alimentación animal.

### **Conclusiones parciales.**

1. Se demuestra que la aplicación de las Producciones más Limpias a nivel internacional y en fabricas de alimentos es una herramienta ampliamente utilizada, ya que la misma permite un mejoramiento continuo de todas estas producciones con un enfoque ambiental y económico mejorando así la ecoeficiencia de estas empresas.
2. Un estudio de la aplicación de Producciones más Limpias en Cuba demostró que la misma es una importante herramienta para lograr disminuciones en el consumo de agua, energía y materia prima, disminuir sus residuales y emisiones en industrias de producción y servicio siendo necesario preparar personas capaces de desarrollar estas tecnologías.
3. Un estudio bibliográfico sobre Producciones más Limpias en fábricas de alimentos y en específico de las operaciones unitarias de recepción, limpieza y maceración de maíz en la producción de Almidón y Glucosa, muestra que las mayores posibilidades de aplicación están relacionada con la disminución de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, así como la optimización del manejo de los productos.
4. A partir de una revisión bibliográfica de varias metodologías de aplicación de Producciones más Limpias fue seleccionada la propuesta por el ONUDI/PNUMA, por ser la más adecuada a los procesos unitarios presentes en la industria y en específico la sección objeto de estudio.

## **Capítulo II. Caracterización los procesos de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz de la Empresa de Glucosa Cienfuegos.**

En el presente capítulo se presenta una caracterización general de la Empresa de Glucosa Cienfuegos, descripción de la etapa Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz, objeto de estudio de esta investigación, y la metodología a aplicar para realizar la Evaluación de Producciones más Limpias en este proceso.

### **2.1. Caracterización de la Empresa Glucosa Cienfuegos.**

#### **2.1.1. Descripción de la Empresa de Glucosa Cienfuegos.**

La Empresa Glucosa Cienfuegos, conocida comercialmente con el nombre de GYDEMA, fue fundada en 11 de Diciembre de 1979, perteneciente al Ministro de la Industria Alimenticia (MINAL). Siendo en ese momento única de su tipo en el país y creada en ese entonces para producir Glucosa como materia prima, en la producción de caramelos y la exportación a países del Consejo de Ayuda Mutua Económica. (Caro, M., 2009)

Esta Empresa se puso en marcha en 1981 luego de un periodo inversionista que duró 6 años, con una tecnología perteneciente al área capitalista, fundamentalmente a la firma Alfa - Laval de procedencia sueca y a la DDS Kroyer de Dinamarca. La misma se construyó con el objetivo de producir diariamente 90 toneladas de Sirope de Glucosa, 9 toneladas de Gluten, 7 toneladas de Germen, 19 toneladas de Licor de Remojo y 21,5 toneladas de Forraje. (ALFA-LAVAR, 1980)

Estas producciones no se han podido alcanzar en los años que lleva de puesta en marcha, siendo la causa fundamental la falta de maíz, materia prima importada, desde Canadá, Argentina, África del Sur, Argelia y en los últimos años desde EEUU, falta de piezas de repuesto y de un mantenimiento adecuado por lo que actualmente después de más de 30 años de explotación cuenta con una capacidad instalada de un 50 % con respecto a la de diseño, produciendo diariamente 15 toneladas de Almidón de Maíz, los Siropes de Glucosa dependen de la producción a realizar, para la Glucosa Ácida 30 toneladas y Glucosa Enzimática 25 toneladas.

Su proceso tecnológico comprende la Planta de producción de Almidón, la Planta de producción de Glucosa. Además de un sistema de facilidades auxiliares comunes como son: el sistema de generación de vapor donde se cuenta con dos calderas de tubos de fuego con una capacidad de 8 y 12 toneladas de vapor por hora respectivamente y la planta de tratamiento de residuales donde se procesan los residuales del proceso industrial más los albañales, la cual desde su concepción inicial no responde a las características de la fábrica provocando esto que el resultado del tratamiento de los residuales líquidos sea ineficiente. En la figura 2.1 se muestra el diagrama tecnológico de la planta. (ALFA-LAVAR, 1980)

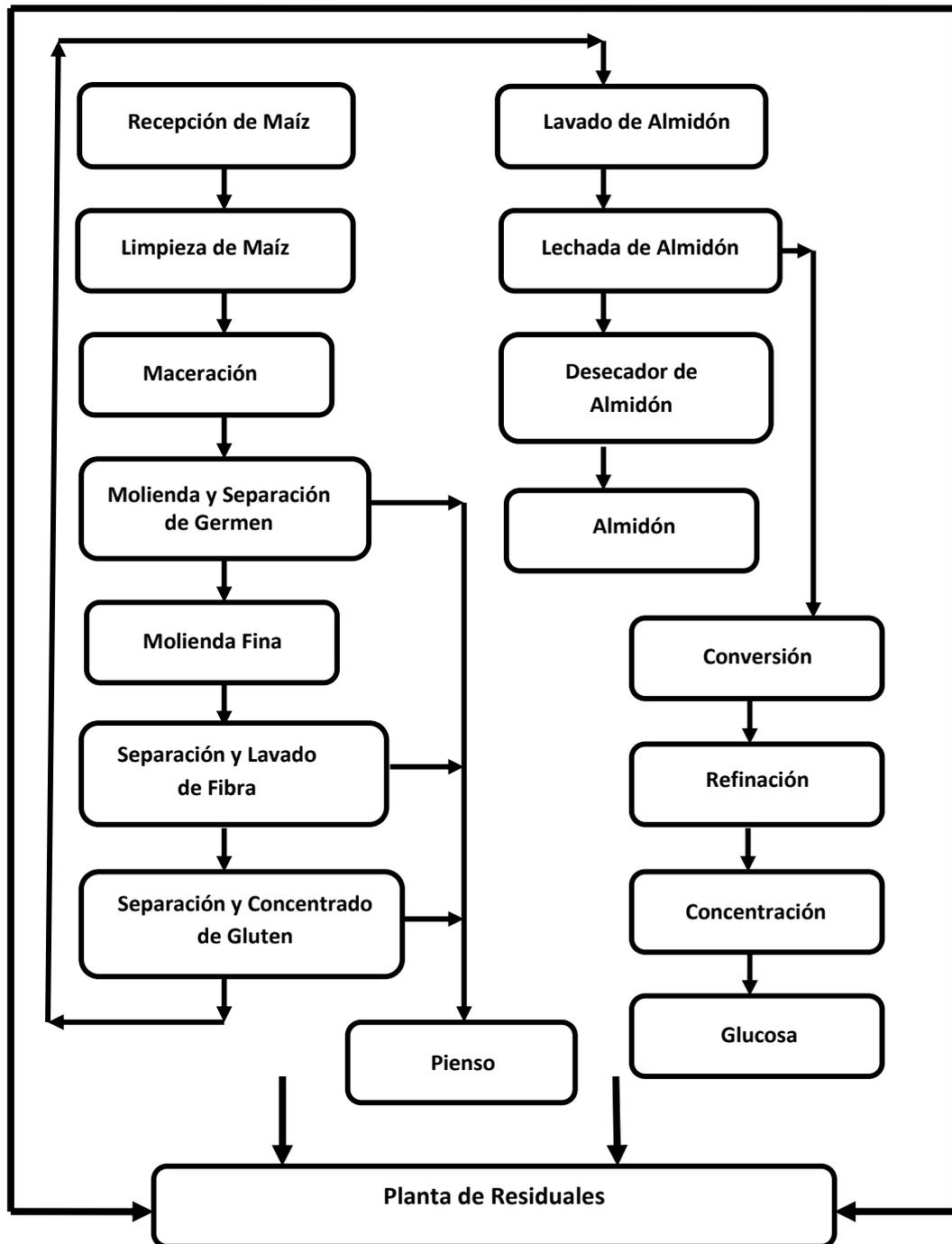


Fig. 2.1. Diagrama Tecnológico de Proceso de la Planta de Almidón y Glucosa. Empresa Glucosa Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

La Empresa se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Griño, en la provincia de Cienfuegos, exactamente en la periferia noreste de la ciudad cabecera. Limita al norte con la Empresa DIVEP, al este con la Fábrica de Hielo,

Almacenes de Productos Frescos y con la Línea de Ron HRL, por el oeste con la Carpintería en Blanco y el Taller de Ómnibus Escolares, limitando al sur con el asentamiento poblacional de Pueblo Griffo como se aprecia en el croquis general de la instalación en la figura 1. (Anexo 1).

La Estructura Organizativa General de la Empresa se puede ver en la figura 1 y 2 (Anexo 2). En la misma laboran actualmente un total de 207 trabajadores, de ellos 27 son profesionales de nivel superior, 99 técnicos medios, 23 con nivel medio superior y 58 con noveno grado, distribuidos por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la gran diversificación de las producciones y los servicios. Del total 173 son directos a la producción y se distribuyen por categoría ocupacional como sigue: 16 dirigentes, 11 de servicios, 54 técnicos y 126 obrero, como se muestra en el gráfico 2.1.

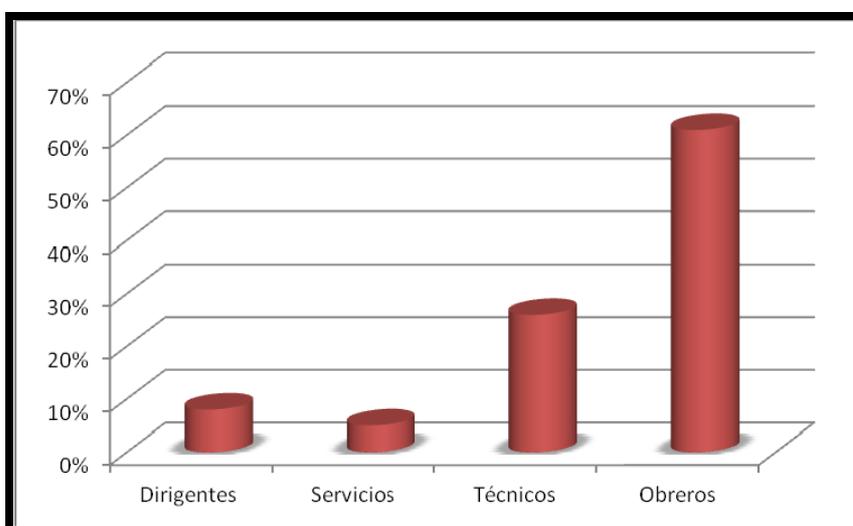


Gráfico 2.1. Distribución de trabajadores por categoría ocupacional. Fuente: Elaboración propia.

La Empresa en los últimos años ha superado los planes económicos, manteniendo una ganancia por encima de la planificada, observándose un sobre cumplimiento de 115,4 % los planes de la producción bruta. En la tabla 2.1 se muestra un resumen de los principales indicadores técnico - económicos de la Empresa para el Año 2010. (Colectivo de Autores, 2010a)

Tabla No 2.1. Indicadores Técnicos – Económicos dela Empresa Glucosa Cienfuegos.

INDICADORES	UM	PLAN 2010	REAL 2010	% CUMPLIMIENTO
Producción Bruta	MP	6 172,2	7 123,1	115,4
Costo Producción Bruta	MP	5 636,5	7 051,9	125,1
Costo / Peso Producción Bruta	Pesos	0,91	0,99	108,4
Producción Mercantil	MP	5 861,9	7 014,0	119,7

Costo Producción Mercantil	MP	5 266,1	6 943,8	131,9
Costo / Peso Producción Mercantil	Pesos	0,90	0,99	110,2
Utilidad del periodo	MP	411,7	425,0	103,2
Fondo de salario	MP	1 337,2	1 158,0	86,6
Promedio de trabajadores	U	210,0	201,0	95,7
Salario Medio	Pesos	6 368,0	5 761,0	90,5
Productividad	Pesos	4 953,0	6 732,0	135,9
Correlación Salario Medio/Productividad	Pesos	0,81	0,67	82,2
Liquidez Inmediata	Pesos	---	0,75	---

Fuente: Informes Económicos Empresa Glucosa Cienfuegos. Departamento Económico. Año 2010.

### 2.1.2. Planeamiento estratégicos de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010.

Entre los planeamientos estratégicos de la empresa para el 2010 están: (Cuba. Ministerio de la Azúcar, 2010)

#### ❖ **Misión.**

Elaborar materias primas y materiales para diferentes procesos industriales y productos alimenticios, en una amplia gama de surtidos para la alimentación humana y animal, con la mejor calidad y eficiencia, garantizando la plena satisfacción de nuestros clientes.

#### ❖ **Visión.**

Somos una empresa próspera, diversificada, líder en el mercado nacional y competitivo en el mercado internacional.

#### ❖ **Objeto Social:** Su objeto social consiste en:

- Producir, transportar y comercializar de forma mayorista productos alimenticios derivados del maíz tales como sirope de glucosa, almidón de maíz, aceite de consumo humano, mezclas secas, concentrados de frutas y vegetales, siropes y refrescos y alimento animal en pesos moneda nacional y pesos cubanos convertibles.
- Producir y comercializar de forma mayorista equipos, partes, piezas y accesorios de metal y goma fundamentalmente para la industria de conserva y lácteos en pesos moneda nacional y pesos cubanos convertibles.

- Producir y comercializar de forma mayorista implementos deportivos al Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación en pesos moneda nacional.
- Brindar servicios de alquiler de transportación especializado y de carga en pesos moneda nacional.
- Brindar servicios personales, de reparación de enseres menores, de transporte de personal y alimentación a sus trabajadores en pesos moneda nacional.
- Ofrecer servicios de reparación y mantenimientos eléctricos, de instrumentación a equipos automáticos, informáticos y de comunicación a entidades en pesos moneda nacional.
- Producir y comercializar de forma mayorista ganado menor y de forma minorista a sus trabajadores productos agropecuarios procedentes del autoconsumo en pesos moneda nacional.

### **2.1.3. Cartera de Productos.**

La Empresa produce una amplia gama de productos, comercializados con la marca GYDEMA, estas producciones son destinadas fundamentalmente como materia prima para la Industria de Alimentos, además sirve de soporte productivo a la Fábrica de Sorbitol de Camagüey, así como a las Fábricas de Confituras y Conservas del país. El Almidón producido es consumido principalmente, como alimento a la población, por lo que la producción de esta Empresa es netamente para el consumo nacional, existiendo dos líneas fundamentales que son las siguientes. (Caro, M., 2009)

#### **Producciones Fundamentales:**

- Almidón de Maíz.
- Glucosa.
  - Sirope de Glucosa por vía ácida.
  - Sirope de Glucosa por vía enzimática.

También se elaboran otras producciones de forma alternativa en diferentes formatos, las cuales se relacionan a continuación:

- Natillas caseras.
- Almidón Saborizado.
- Desayuno de Chocolate.
- Polvo para panetela.
- Polvo para Arepas.
- Sirope para Refrescos.
- Polvo para Hornear.
- Alimento Animal.

- Concentrado de corteza de Mango.

Se cuenta además con la elaboración de subproductos generados del proceso productivo en la Planta de Almidón, como son germen y forraje, utilizándose en la elaboración del pienso como alimento animal, el gluten y el lodo residual que se vende en forma líquida para el consumo animal.

#### 2.1.4. Comportamiento de las Producciones realizadas en los años 2010 y 2011.

En la tabla 2.2 se muestran las producciones realizadas en el año 2010 y 2011 en relación a lo planificado, donde se puede observar que en el 2010 se sobrecumplió el plan en las producciones fundamentales, no ocurriendo así en el 2011, manifestándose las principales causa en: deterioro del estado técnico de la instalación, carencia de la materia prima para procesar (maíz), carencia de recursos para dar respuesta en averías imprevistas. (Colectivo de Autores, 2010a)

Tabla No 2.2. Comportamiento de la Producción en el período 2010–2011.

PRODUCTO	Plan 2010	Real 2010	Plan 2011	Real 2011
Glucosa Ácida. (t)	805	847,33	900,60	747,47
Glucosa Enzimática. (t)	1 070	1 126,54	1 070,0	590,08
Almidón 20 kg.	1 679	1 525,767	1 784,33	1 047,71
Almidón 10 kg.	-	77,03	-	73,09
Almidón 5 kg.	90	24,155	114,00	12,54
Almidón 180 g	126	12,630	120,00	19,749
Almidón Saborizado (Cocoa) 180 g	27	0,510	27,00	17,678
Gluten (t)	-	-	493,17	25,10
Natilla Nacional. 30 kg.	824	1 015,09	755,00	926,352
Natilla O/S 180 g	-	-	13,00	33,439
Natilla 5 kg.	12	1,065	-	-
Natilla vainilla 180 g.	-	17,981	-	-
Natilla mantecado 180 g.	-	15,35	-	-
Desayuno Chocolate 250 g	24	40,736	44,00	3,259
Desayuno Chocolate 500 g	-	-	44,00	14,984
Mezclas para Arepas 180 g	-	-	32,00	5,127
Mezclas para Panetela 400 g	-	-	54,00	14,00
Polvo para hornear 180 g	-	-	18,00	1,074
Polvo para hornear 20 kg	-	-	12,00	11,856
Sirope (litros)	246 760	331 011	313 000	449 162
VIMANG. (t)	-	31,328	115,50	103,172
Pienso (t)	720	1 415,955	750,00	961,94

Fuente: Informes Económicos Empresa Glucosa Cienfuegos. Departamento Económico. Año 2010 y 2011.

### 2.1.5. Comportamiento del consumo de Maíz con relación a las producciones fundamentales.

En las tablas 2.3 y 2.4 se muestra el comportamiento del índice de consumo de maíz por toneladas de producción en el año 2010 – 2011. (Colectivo de Autores, 2010a)

Tabla No 2.3. Índice Consumo de Maíz año 2010.

PRODUCTO	Consumo de maíz (t)	Índice Consumo Plan (t/t)	Índice Consumo real (t/t)	Sobre consumo (t)
Glucosa Ácida.	1 706,378	1,9	2,01	96,451
Glucosa Enzimática.	1 943,073	1,65	1,72	84,282
Almidón 20 kg.	3 210,446	2,0	2,1	158,919

Fuente: Informe de Producción. Empresa Glucosa Cienfuegos. Departamento Técnico Productivo. Año 2010 y 2011.

Tabla No 2.4. Índice Consumo de Maíz 2011.

PRODUCTO	Consumo de maíz (t)	Índice Consumo Plan( t/t)	Índice Consumo real (t/t)	Sobre consumo (t)
Glucosa Ácida.	1 516,4682	1,9	2,02	96,275
Glucosa Enzimática.	993,901	1,65	1,68	20,269
Almidón 20 Kg.	2 300,8208	2,0	2,2	207,400

Fuente: Informe de Producción. Empresa Glucosa Cienfuegos. Departamento Técnico Productivo. Año 2010 y 2011.

Como se puede observar en ambos años ha existido un sobre consumo de maíz en las tres producciones, el cual esta motivado por deterioro de la instalación, ocasionando roturas de equipos, paradas imprevistas y por consiguiente perdidas del producto, además de existir problemas con la calidad de la materia prima (maíz argentino con un bajo porciento de almidón en el grano).

### 2.1.6. Perfeccionamiento Empresarial.

La Empresa cuenta con un Manual de Calidad implantado en Octubre del 2010 el cual es un requerimiento del sistema de gestión de la calidad de la Empresa Glucosa Cienfuegos, está basado en la Norma Cubana NC ISO 9001: 2008 “Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos”, descrito por secciones. En cada sección se definen las responsabilidades y se hace referencia a los procedimientos e instrucciones de los puestos de trabajo. El SGC, implementado por la Empresa de Glucosa Cienfuegos, se aplica solamente en la Planta de Mezclas Secas, definiendo su alcance en el mezclado

físico, llenado y envasado de productos con base de almidón, en diferentes bolsas de distintos formatos, aún no se ha trabajado en la elaboración del manual de procedimiento y actualización de los registros en base al SGC de las demás producciones. (Cabrera, R., 2010)

Existe en la Empresa el Manual Seguridad y Salud en el trabajo, así como la política de seguridad y salud en el trabajo elaborado en la Resolución 72/09 del 22 de Septiembre de 2009, donde se establece entre sus políticas garantizar todos los principios básicos y las buenas prácticas de seguridad, que estén fuertemente establecidos en la empresa aplicando a nuestros trabajadores, a los bienes materiales e inmuebles bajo nuestra responsabilidad se trazan los siguientes líneas:

- Tomar medidas necesarias para informar a los trabajadores acerca de los materiales equipos o procesos peligrosos presentes en la actividad productiva, de manera que conozcan los peligros potenciales para su seguridad y salud y se mantengan protegidos.

## **2.2. Situación ambiental de la Empresa Glucosa Cienfuegos.**

### **2.2.1. Antecedentes.**

Al triunfo de la Revolución en Cuba, la Industria Alimenticia contaba con unos pocos talleres y fábricas, prácticamente artesanales y con una gran dispersión territorial, no constituyendo en ese momento sus residuales una amenaza significativa de contaminación para el medio ambiente. Comienza un proceso de renovación y desarrollo de esta rama con la ejecución de varias inversiones a partir de la década del 1970 lo cual permite que se cuente actualmente, con un sistema productivo de la Industria Alimenticia, distribuido por todo el territorio nacional, que por las características y volumen de sus residuales, constituyen una de las fuentes importantes de contaminación del medio ambiente del país.

Los problemas ambientales ocasionados por la Empresa Glucosa Cienfuegos tienen su origen desde la propia puesta en marcha de esta fábrica, luego producto a la situación que ha venido afrontando nuestro país con relación al mercado internacional esta empresa se ha visto seriamente afectada en la adquisición de nuevas tecnologías para sus procesos productivos, lo que trae consigo que los residuos generados por sus producciones principales cada día sean mayores debido en lo fundamental a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos.

### **2.2.2. Situación Ambiental Actual.**

La Empresa Glucosa Cienfuegos, involucrada en un proceso de perfeccionamiento de su gestión, cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 2009 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, la cual resulta insuficiente para

resolver los problemas ambientales que ocasiona. (Empresa Glucosa Cienfuegos, 2011)

Estudios e informes de las autoridades ambientales del territorio sobre los problemas detectados en la fábrica refieren que existen problemas con el tratamiento y disposición de los residuales líquidos, debido a un tratamiento insuficiente de sus aguas residuales que genera, además niveles importantes de contaminación atmosférica por olores desagradables, gases tóxicos, afectando el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos y los asentamientos poblaciones aledaños, reportándose la misma dentro de las entidades que más afectan estos ecosistemas.

Según la Estrategia Ambiental del MINAL del año 1998 los principales problemas ambientales que presenta el Ministerio de la Industria Alimenticia en el país y de los cuales la Empresa Glucosa no está exenta son: (Empresa Glucosa Cienfuegos, 2011)

1. Contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos industriales.
2. Contaminación de la atmósfera por emanaciones de gases, polvo, hollín y olores desagradables por la rápida descomposición del maíz, así como gases de la combustión de azufre.
3. Elevado consumo de agua, recurso natural más importante que maneja el MINAL.
4. Los residuales líquidos de la Empresa Glucosa (industriales y albañales), actualmente no cuentan con un tratamiento que permita el cumplimiento de los requisitos establecidos por la Norma Cubana (NC 27:1999 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones), que regula el vertimiento de residuales a cuerpos de aguas interiores.

En la tabla 2.5 se presentan los resultados de las mediciones realizadas en el laboratorio en cada punto de muestreo, los valores establecidos por la NC 27:1999, las mediciones en los puntos 1 y 2, la carga aportada a la Bahía de Cienfuegos, las razones punto 1: punto 2, punto 1: LMPP y punto 2: LMPP. (Agencia de Medio Ambiente, 1998)

Tabla No 2.5. Caracterización de los Residuales. Junio 2010

Variable medida	Punto 1	Carga kg/día	Punto 1 LMPP	Punto 2	Punto 1 Punto2	Punto2 LMPP	LMPP*
S. Susp (mg/L)	660	121	-	110	6	-	-
ST (mg/L)	2 340	431	-	1 070	2,2	-	-
SV (mg/L)	660	121	-	105	6,3	-	-
SD (mg/L)	1 680	309	-	960	1,8	-	-
DQO (mg/L)	6 800	1 251	97	960	7,1	13,7	70
NTK (mg/L)	82,3	15	16,5	10,36	7,9	2,1	5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3 150	580	105	475	6,6	15,8	30
DBO <sub>5</sub> :DQO	0,46	-	-	0,49	-	-	-
PT (mg/L)	42,9	7,8	21,5	118	0,4	59	2
Grasas y Aceites (mg/L)	<LC	-	-	<LD	-	-	10
Fenoles (mg/L)	<LC	-	-	<LC	-	-	-
Sulf. T. (mg/L)	12,16	2,2	-	1, 52	8	-	-
Conductividad Eléctrica	1 496	-	1,1	998	1,5	0,71	1 400
pH	3,96	-	-	6,58	-	-	6,5 - 8,5

\*LMPP: Límite Máximo Permisible Promedio.

Fuente: Informe realizado por el CEAC a la Empresa Glucosa Cienfuegos. Junio 2011.

Los resultados obtenidos mostraron que los valores de las variables medidas en el punto 1 fueron superiores a lo establecido en la NC 27:1999, excepto las grasas y aceites y el índice de fenoles que registraron valores por debajo del límite de cuantificación (16 mg/L y 0.1 mg/L, respectivamente). Indicadores que representan el contenido de materia orgánica en el residual (DQO y DBO), registraron valores aproximadamente 100 veces superiores a lo establecido por la NC 27:1999. (Agencia de Medio Ambiente, 1998)

En la tercera columna de la tabla se reportaron las cargas dispuestas al entorno por este residual (expresadas en kilogramos/día), por ejemplo, la carga de DBO<sub>5</sub> aportada en un día por esta industria representa una población equivalente de 11 904 habitantes, según el criterio establecido en una metodología del CITMA. (Agencia de Medio Ambiente, 1998)

Las razones punto 1: punto 2 (sexta columna de la tabla) siempre fueron superiores a la unidad, solamente en el caso del fósforo la razón fue menor que uno. Estos resultados demostraron que la unión de estos residuales con los albañales de Pueblo Griffo, mejoraron sus características. Las diluciones producidas por esta mezcla disminuyeron los valores de la mayoría de las variables estudiadas en un intervalo entre 6 y 8 veces,

pero esta mejoría no eliminó el incumplimiento de la NC 27:1999, como se puede observar en la razón punto 2: LMPP (séptima columna de la tabla).

Lo anterior implica que esta fábrica no cumple con los Límites Máximos Permisibles Promedios (LMPP), para las concentraciones de las descargas de sus aguas residuales, atendiendo a la clasificación cualitativa de este cuerpo receptor según las normas ambientales que se brindan en la tabla 2.5, por lo que viola la Legislación Ambiental vigente en el país, destacando entre las más significativas las regulaciones siguientes:

1. Decreto Ley 138: De Las Aguas Terrestres (Artículo 17).
2. Ley No. 81 del Medio Ambiente (artículo 95).
3. Decreto Ley 212: Gestión de la zona costera (Artículo 16, inciso g).
4. Norma Cubana NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado.

El residual líquido de la Empresa Glucosa es ácido, con abundante contenido de sólidos totales y rico en materia orgánica de naturaleza biodegradable. Actualmente la disposición final de sus aguas residuales parcialmente tratadas se realiza por medio de una tubería colectora de 1 500 m de longitud que tributa hacia el Arroyo Inglés, a unos 20 m de su desembocadura en la Bahía de Cienfuegos, cuerpo receptor clasificado cualitativamente según la normas ambientales nacionales como clase A y que comprende zonas priorizadas de conservación ecológica como lo es la bahía cienfueguera. Estos residuales una vez vertidos en la cañada se conducen libremente por un trayecto de aproximadamente 30 m, hasta que se mezclan con los residuales albañales del Reparto Pueblo Griffó. Esta mezcla de residuales líquidos es usada en el fertirriego de áreas destinadas al cultivo de arroz en la zona próxima a la Bahía de Cienfuegos.

### **2.3. Descripción de la Sección de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz.**

Con el objetivo de realizar un estudio integral de Producciones más Limpias en la Empresa Glucosa Cienfuegos, la misma se dividió en cuatro temas de investigación con el objetivo de lograr una estrategia ambiental integrada y preventiva, a procesos y productos en el orden de reducir riesgos a los humanos y al medioambiente, quedando la distribución del trabajo de la siguiente forma:

1. Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz.
2. Molinación y Secado de Sub. Productos.
3. Separación, Refinación y Secado de Almidón.
4. Planta de Glucosa.

Con este trabajo realizaremos una Evaluación de Producciones más Limpias, en la Sección de Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, lo que permitirá determinar los impactos medio ambientales de las etapas involucradas, así como dar una mejor solución al problema de Producciones más Limpias que se presente.

En la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos, laboran 12 trabajadores en total, de ellos técnicos 4, y obreros 8, los mismos tienen incidencia directa en el proceso de producción y en los problemas ambientales existentes.

### 2.3.1. Flujo productivo de la sección de la planta objeto de estudio.

En esta sección se realizan operaciones de tamizaje, transferencia de masa, transferencia de calor y cantidad de movimiento. Comenzando con la recepción del maíz que es la materia prima fundamental. En la figura 2.2 se muestra el diagrama de proceso de la sección objeto de estudio. Este diagrama contiene todos los bloques de trabajo que se diseñaron en la puesta en marcha de la fábrica, los mismos han sufrido modificaciones con el transcurso de los años.

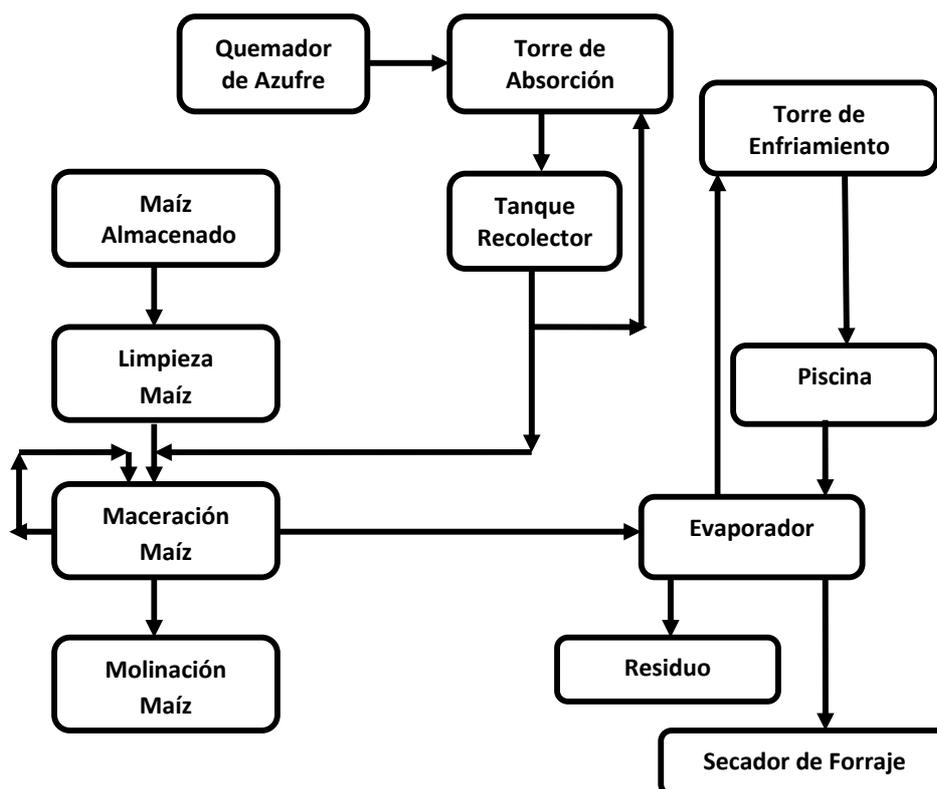


Fig. 2.2. Diagrama Tecnológico de Proceso la etapa de Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz. Empresa Glucosa Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

Actualmente en la fábrica, la etapa de evaporación no se encuentra realizando sus funciones para lo que se diseñó (concentración del agua generada en el proceso de

maceración), por lo que la misma se vierte a los residuales. En estos momentos la sección es utilizada en la concentración del VIMANG producto que se macera y concentra para ser utilizado como materia prima en la elaboración de medicamentos para consumo humano.

La sección objeto de estudio tiene tres procesos asociados, de ellos dos principales y uno auxiliar en la figura 2.3 se muestra el diagrama de flujo de esta etapa, así como los equipos que intervienen en el proceso tecnológico, y las corrientes de entrada y salida. Debemos señalar que el mismo se realizó con las etapas que hoy están funcionando en la fábrica y las cuales intervienen en de la sección objeto de estudio.

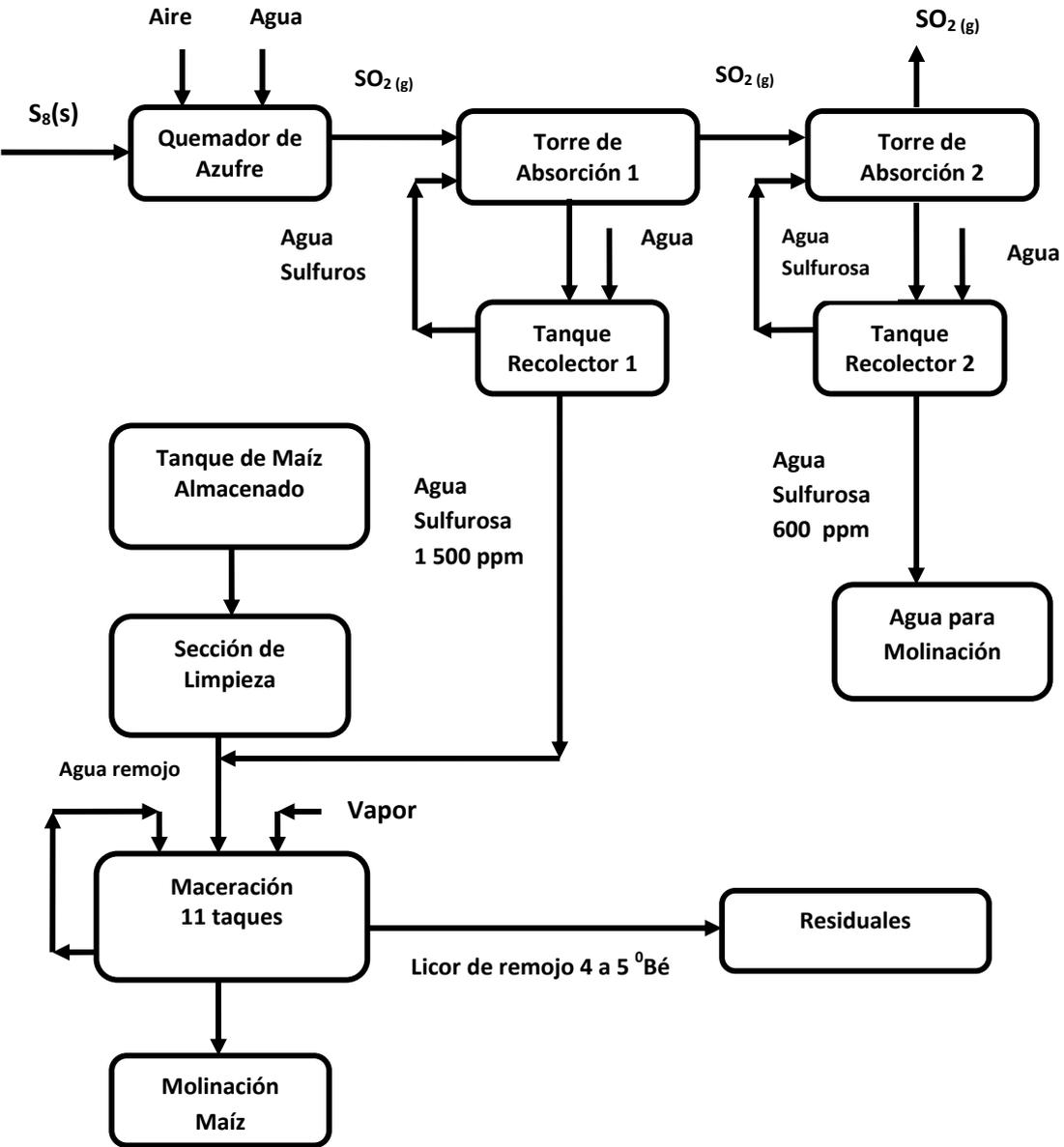


Fig. 2.3 Diagrama de Flujo de la Sección de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz Empresa Glucosa Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

A continuación relacionamos las características de las materias primas que intervienen en el proceso, así como la descripción literal de las etapas que interviene en la sección objeto de estudio. (*Industria Confitera. Planta de Almidón. Proceso Tecnológico*, 1999)

### 2.3.2. Maíz.

En la planta actualmente se recibe maíz de dos tipos diferentes, para su procesamiento debe reunir las características siguientes: sano, secado y limpiado previamente de forma adecuada, en la tablas 2.6 y 2.7 se resumen las especificaciones fundamentales de calidad de esta materia prima.

Tabla No 2.6. Especificaciones fundamentales de calidad del maíz.

Índice	Maíz Yellow	Maíz Plata
Humedad (%)	15,0 máximo	15,0 máximo
Almidón (%)	70,0 mínimo	68,0 mínimo
Acidez (%)	35,0 máximo	35,0 máximo
Viabilidad (%)	55 mínimo	65 mínimo
Germinación (%)	55 mínimo	65 máximo

Fuente: Proceso Tecnológico Planta de Almidón. UEB Glucosa. Cienfuegos (NEIAL 2306.19 año 1999), Industria Confitera.

Tabla No 2.7 Características de las impurezas presentes en el maíz.

Índice	Maíz Yellow	Maíz Plata
Partido pequeño y materias extrañas (%)	2,0 máximo	1,0 máximo
Daños por calor (%)	1,0 máximo	1,0 máximo
Enfermo (%)	0,5 máximo	0,5 máximo
Aspecto	Característico, saludable	Característico, saludable

Fuente: Proceso Tecnológico Planta de Almidón. UEB Glucosa. Cienfuegos (NEIAL 2306.19 año 1999), Industria Confitera.

Con las características anteriormente expuestas deben alcanzar los parámetros de capacidad y calidad pactados en el contrato de compra de la planta con ALFA-LAVAL.

Cualquier alteración ocasiona variaciones tanto en capacidad como calidad en las diferentes corrientes del proceso, además de provocar disturbios en el proceso tecnológico de la producción.

### 2.3.3. Recepción de Maíz.

- Objetivo de la operación tecnológica.

El objetivo de esta sección es recibir y almacenar maíz transportado a la fábrica en camiones procedentes de los silos de almacenamiento en el Combinado de Cereales u otro lugar del país.

- Especificaciones principales del objeto inicial del proceso.

El maíz se recibe con las características siguientes:

- Humedad 15 % máximo.
  - Almidón 70 % mínimo.
  - Acidez 40 % máximo.
  - Germinación 55 % mínimo.
  - Viabilidad 55 % mínimo.
  - Impurezas 5 % máximo.
  - Olor característico.
  - Aspecto saludable.
- Equipamiento utilizado. Características principales.
    - Plataforma de volteo de 12 x 3 m<sup>2</sup>. Capacidad 40 t.
    - 1 silo de acero galvanizado. Capacidad 300 t.
    - 2 transportadores de cadenas.
    - 1 transportador de cangilones. Capacidad 40 t/h.
  - Especificaciones de calidad del producto en proceso.

El maíz se recibe con las características establecidas anteriormente.

- Procedimiento de trabajo.

El maíz llega a la fábrica en camiones y es pesado en la báscula situada a la entrada para este fin. Después de esta operación se dirige a una plataforma donde se realiza la descarga del mismo. Este cae sobre el transportador horizontal que lo lleva al elevador de cangilones, el cual a su vez lo descarga en otro transportador horizontal que lo conduce hasta el silo de almacenamiento de la fábrica.

#### **2.3.4. Silos de Metal.**

Estos silos tienen una capacidad aproximada de 600 t de maíz, actualmente se utiliza uno solo y en muy mal estado por lo que la posibilidad de almacenaje es de 150 t.

#### **2.3.5. Limpieza del Maíz.**

La sección de limpieza trabaja cuando la sección de maceración necesita maíz. Esta operación se realiza en una serie de equipos compuestos por zarandas y mallas que eliminan piedras, partículas mayores y menores que el grano de maíz, granos partidos, polvo, etc.

➤ Objetivo de la operación tecnológica.

El objetivo de esta sección es eliminar al maíz todo tipo de impureza que pueda traer el grano.

- Especificaciones principales del objetivo principal de trabajo.

A la llegada a la sección de limpieza el maíz mantiene las características descritas anteriormente, cargado en marcadas impurezas.

➤ Equipamiento utilizado. Características principales.

- 2 separadoras de mallas que poseen 2 tamices, cada una con el objetivo de separar las impurezas de tamaño diferente al grano de maíz. Con una capacidad 5,0 t/h cada una.
- 2 tamices combinado con un separador de piedra de una superficie de 1 m<sup>2</sup>, encargados de separar las impurezas de mayor peso que el grano de maíz, según principio de lecho fluidizado actualmente se encuentra fuera de servicio.
- Un tamiz de tambor rotatorio de acero realiza una clasificación de control del maíz. Capacidad de 7,5 t/h.
- 1 báscula provista de contador de pesadas.
- 1 tolva para la descarga del maíz con una capacidad de 100 kg.
- 1 dispositivo de parada.
- 1 filtro de polvo con presión de trabajo 5 bar (0,5 MPa).
- 1 turbina del filtro (ventilador) con capacidad de 320 m<sup>3</sup>/m, presión de 0,022 kgf/cm<sup>2</sup> (2,16 kPa) y velocidad de 1 450 r.p.m.
- 1 soplador – capacidad de 84 m<sup>3</sup>/h, presión de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup> (49,03 kPa) y velocidad de 3 460 r.p.m.

➤ Procedimiento de trabajo.

Después de arrancada la sección y comprobar el funcionamiento de todos los equipos se abre la compuerta de salida del maíz del silo de almacenamiento, cayendo este en un transportador horizontal y luego en otro vertical que eleva el maíz, el cual se dosifica primeramente en dos separadoras de mallas eliminando principalmente pajas, pedazos de mazorcas y maíz partido. Esta sección se ha organizado con un sistema de aspiración de polvo especial garantizando que todo este producto vaya al silo de maíz partido para ser usado como alimento animal unido al resto de las materias rechazadas. Un siguiente tamiz combinado con aspirador quita arena, granos muertos y piedrecitas trabajando bajo el principio de lecho fluidizado (fuera de servicio), finalmente en tamiz de tambor realiza una clasificación de control.

- Las materias rechazadas de las mangueras de limpieza se colectan en posiciones diferentes y son almacenados finalmente en un silo. Para la medida de admisión de la materia prima una báscula aporta 300 pesadas de 100 kg cada una para el llenado de cada tanque de remojo; las cuales son controladas por el operador. Un transportador lleva el maíz limpio y otro horizontal es encargado de distribuirlo en el tanque de remojo a llenar.

Toda la sección trabaja a baja presión, es decir, bajo la acción de un sistema de aspiración que hace que en todos los equipos se realice extracción de polvo, el cual se recoge en un filtro de mangas que descarga entonces este polvo en sacos. Para la limpieza de las mangas se cuenta con un sistema automático que consta de un compresor y un tanque de presión que dispara un chorro de aire en sentido inverso al flujo, desprendiendo el polvo adherido a las mangas; este disparo de aire se hace a una presión de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup> (48,53 kPa).

➤ Especificaciones de calidad del producto en proceso.

Maíz limpio.

- Impurezas 2,5 % máximo.
- Granos partidos 6 % máximo.

### **2.3.6. Almacén de Azufre.**

El azufre utilizado para la obtención del ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) que se produce en las torres de absorción, llega a la fábrica en sacos de papel y es almacenado en un local destinado al efecto con las condiciones requeridas la calidad del azufre utilizado es de un 95 % de pureza.

### **2.3.7. Planta de obtención de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).**

Esta planta tiene como objetivo lograr diferentes concentraciones de agua sulfurosa para su utilización en las secciones de: remojo, pre molienda y lavado de fibras.

Por medio de un quemador rotatorio es procesado el azufre en forma de granos o polvo para la obtención del gas de SO<sub>2</sub> (g) (dióxido de azufre), el cual circula a través de las torres de absorción por efecto de la aspiración producida por un sistema de ventilador de alta presión y un eyector de aire, este último mantiene el sistema a baja presión.

La planta consta actualmente con dos torres de absorción enumeradas 006-03 y 006-05, se debe señalar que la numeración 006-03 corresponde a la torre # 1 y la numeración 006-05 corresponde a la torre # 2. Ambas conectadas en serie de las cuales se extrae agua sulfurosa con dos concentraciones diferentes la torre 1 de 1 500 a 2 000 ppm y la torre 2 de 600 a 1 000 ppm, siendo depositadas cada una de estas corrientes en las cubas enumeradas 006-06 (# 1) y 006-08 (# 2).

A la tubería de salida del quemador de azufre va conectado un sistema de enfriamiento exterior por película de agua fresca descendente con el fin de hacer precipitar los arrastres de azufre sólido presente en el gas, así como mantener la temperatura de entrada a la torre siendo la misma de 95 °C.

El gas penetra por el fondo de la torre # 1 y es absorbido por el agua de recirculación procedente de la cuba # 1 que penetra por la parte superior de la torre, por el fondo de esta es extraída el agua sulfurada de mayor concentración, la cual será utilizada en la sección de remojo.

El gas no absorbido en la torre # 1, sale de esta por la parte superior y penetra en la torre # 2 en su parte inferior, el proceso de absorción en esta torre es el mismo que en la torre anterior, pero el agua se recircula desde la cuba # 2, el agua de dicha cuba es utilizada en la sección de pre molienda y lavado de fibra.

La corriente única de gas circula por cada una de las torres, al mismo tiempo existen dos corrientes de agua sulfurosa, una para cada torre.

El gas que sale de la torre # 2 es expulsado a la atmósfera por efecto del ventilador de alta presión y el eyector de aire a través de una chimenea.

A la cuba # 1 le llega agua del tanque de proceso # 1, siendo esta agua la de más alta contaminación, a la cuba # 2 le llega agua del proceso # 3, siendo esta agua la de menor grado de contaminación.

Entiéndase por grado de contaminación los arrastres de almidón, gluten, etc. que contenga el agua de proceso.

La alimentación de agua de proceso a las cubas # 1 y # 2 es controlada y regulada por sistema de flotante; además las cubas poseen un sistema de rebozo a fin de mantener el nivel dentro de dicho tanque.

➤ Especificaciones de calidad del producto terminado.

En la tabla 2.8 se resumen las características de calidad del agua sulfurosa obtenida por torre de absorción:

Tabla No 2.8 Características del agua sulfurosa.

Equipo	Agua Sulfurosa		pH
	SO <sub>2</sub> (d) Mínimo p.p.m	SO <sub>2</sub> (d) Máximo p.p.m	
Torre 1	1 500	2 000	2,5
Torre 2	600	1 000	3,5

Fuente: Proceso Tecnológico Planta de Almidón. UEB Glucosa. Cienfuegos (NEIAL 2306.19 año 1999), Industria Confitera.

### 2.3.8. Maceración.

La maceración es fundamentalmente el remojo del maíz en un líquido de cierta composición y bajo condiciones cuidadosamente controladas con la finalidad de separar los componentes del grano de maíz por hinchamiento de este y a la vez ablandarlo para lograr posteriormente un eficiente proceso de molinación.

El proceso de remojo es el alma en la fábrica de almidón, el cual debe efectuarse correctamente, asegurando así un rendimiento alto en almidón y subproductos, además garantiza las calidades de esos productos, a la vez que mantienen los insumos de productos auxiliares en la planta de glucosa dentro de norma permisible por cuanto el almidón es la materia prima de la fábrica de glucosa, de ahí la repercusión que tiene en la producción de glucosa el proceso de remojo.

El proceso de remojo es en general semicontinuo. Es continuo en lo que respecta a la circulación del agua de remojo y semicontinuo en lo que respecta a la alimentación del maíz.

Esta sección es controlada desde el panel de control CP 101, donde las posiciones de las válvulas se indican y operan por impulso de micro corto circuitos.

Con el fin de obtener una solubilización eficiente de las sustancias solubles del maíz y eliminar una actividad biológica indeseable, el remojo se realiza con agua sulfurosa y la temperatura según la variedad del grano. En la tabla 2.9 se resumen los parámetros a mantener:

Tabla No 2.9 Parámetros para la maceración de maíz.

Tipo de Maíz	Temperatura	Tiempo
Yellow	49 – 53 °C	40 – 60 horas
Plata	51 – 55 °C	60 – 70 horas

Fuente: Proceso Tecnológico Planta de Almidón. UEB Glucosa. Cienfuegos (NEIAL 2306.19 año 1999), Industria Confitera.

El nivel de agua de maceración sobre el maíz dentro de los tanques debe ser alrededor de 0,5 m. El agua sulfurosa se alimenta continuamente al tanque con el maíz más viejo, la extracción continua de esa agua será del tanque con el maíz más nuevo, y en dependencia de la calidad del maíz y bajo condiciones normales la cantidad de agua extraída será de 2 - 4 m<sup>3</sup>/h con una concentración de 3 - 4 °Bé y se controla esta salida de agua mediante una válvula manual.

En cada tanque de remojo existe reguladores de nivel que aseguran que el maíz está cubierto con agua sulfurosa, además cada tanque tiene su propia bomba para bombear líquido de remojo al tanque siguiente, para su recirculación y salida, cada tanque tiene una entrada de vapor que permite regular la temperatura del líquido de maceración.

A causa de diferentes cualidades variables, tratamientos previos y edades del maíz, el tiempo de remojo varía entre 40 a 60 horas, después de un período de remojo total el maíz tiene un contenido de humedad de 40 a 42 % y puede llegar a hasta un 50 %.

En caso de realizar el proceso de evaporación de agua de remojo, la salida del líquido será del tanque que contiene el maíz más nuevo.

Cuando un tanque se esté vaciando de agua de remojo, no hay recirculación a este ni hay entrada de agua sulfurosa a la sección, una vez que el agua haya sido extraída del tanque, el maíz se saca de él por una válvula manual situada en el fondo de dicho tanque y a través de un transportador con recirculación de agua lleva el maíz hasta el tornillo sin fin y posterior al tornillo deshidratador donde comienza la primera etapa de molinación.

➤ Especificaciones de calidad del producto en proceso.

Para ambos tipo maíz.

- Humedad 40 - 50 %.
- Consistencia: ruptura al presionar el grano entre los dedo índice y pulgar.

Agua de maceración:

- Flujo 7 - 9 m<sup>3</sup>/h.
- Concentración 3 - 4 °Bé.

#### 2.4. Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias.

A partir de los estudios documentales se decide aplicar la metodología descrita por el ONUDI/PNUMA (Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial, 1999) para valorar mediante una Evaluación de Producciones más Limpias la problemática de la Sección de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz, para lo cual se adaptó dicha metodología a las condiciones del objeto de estudio. La misma consta de cuatro etapas fundamentales tal y como se aprecia en la siguiente figura 2.4.



Fig. 2.4. Etapas para la Implementación de Producciones más Limpias. Fuente: (Colectivo de Autores, 2007).

### **2.4.1. Planeación y organización.**

En esta etapa se establecen las tareas indispensables para la implementación exitosa de una Evaluación de Producciones más Limpias y se realizan las siguientes tareas:

- **Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.**

El compromiso de la administración es esencial para el éxito de los proyectos de Producciones más Limpias, pues esto requiere de un compromiso sostenido en el tiempo para la localización y eliminación de desperdicios. La dirección de una empresa tiene que preparar el escenario para la Evaluación de Producciones más Limpias de modo que se asegure la cooperación y participación de los miembros del personal. De este modo el compromiso de la dirección superior implica dirigir la formación de un equipo para la Evaluación de Producciones más Limpia, hacer disponibles los recursos requeridos y acatar los resultados de la Evaluación de Producción más Limpia.

- **Organizar el equipo de Proyecto de Producciones más Limpias.**

Se debe integrar un equipo responsable del mismo, que incluya a empleados clave de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia. El equipo será el responsable de la coordinación del Programa de Producciones más Limpias, de su implementación y del seguimiento de las medidas adoptadas. Se recomienda que en este equipo estén representados los siguientes departamentos: legal, financiero, ingeniería de proceso, producción, control de la calidad, mantenimiento, investigación y desarrollo, ventas, compras y almacenamiento, seguridad e higiene.

Se designa un representante o coordinador del equipo de Producciones más Limpias, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.

- **Establecer las metas de Producciones más Limpias.**

Se establecen las metas a seguir en el programa con la participación de la dirección del centro y el equipo de Producciones más Limpias.

- **Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias.**

Al momento de establecer las metas del programa, se debe indicar los posibles obstáculos en el proceso y proponer soluciones. En esta actividad es de suma importancia la participación activa del personal clave, conocedor de las interioridades de sus respectivas áreas de trabajo.

- **Decidir el enfoque de la Evaluación de Producciones más Limpias.**

La decisión el enfoque de la Evaluación de Producciones más Limpias concierne a los decisores involucrados. El alcance establece si se va a incluir la planta entera o limitar

la Evaluación de Producciones más Limpias a ciertas unidades, secciones o departamentos. El énfasis establece lo referido a los materiales; por ejemplo el agua, energía o químicos.

#### **2.4.2. Evaluación Preliminar.**

Las actividades a realizar por el equipo de las Producciones más Limpias en esta etapa son:

- **Colectar y preparar la información básica.**

Se recolecta información y datos sobre la empresa, su ubicación, locales, operaciones y procesos que desarrolla. Se identifican las principales entradas y productos, así como las salidas de desperdicios mediante registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.

- **Realizar la exploración y el recorrido en planta.**

Al organizar el recorrido por la fábrica, se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento, así como el equipo evaluador de Producciones más Limpias, no debe llevarse a cabo un reconocimiento de planta cuando la misma no esté funcionando. Este equipo deberá realizar un recorrido coherente con el ordenamiento del proceso productivo, es decir que se deberá iniciar con la recepción de materias primas e insumos auxiliares y finalizar con la entrega del producto. Al realizar el recorrido por la empresa el equipo tendrá que tener claridad sobre los aspectos a evaluar y los datos a recopilar. Se recomienda elaborar un cuestionario que facilite la evaluación de los procesos. En el cuadro 1 (Anexo 3), se expone la "Guía metodológica para visitas de diagnóstico rápido" y se da algunas recomendaciones para el recorrido. (Ochoa, G., 2007)

Mediante entrevistas, inspección visual, análisis de los registros del proceso y la instrumentación centralizada y local que pueda existir se realiza una confrontación de los datos obtenidos del archivo con la realidad del proceso y se verifican las condiciones de operación, mantenimiento y limpieza de las instalaciones. Se debe contar también con toda la documentación requerida como por ejemplo: facturas de consumo de energía, consumo de agua, compra de materiales, controles de inventario, etc., así como realizar mediciones in situ de aspectos de relevancia. En esta etapa se define el inventario de malas prácticas y problemas ambientales encontrados.

- **Evaluación y selección de los problemas ambientales detectados por criterio de expertos.**

Aplicando esta técnica permite extraer la información de los expertos que conformen un grupo heterogéneo de forma tal que aseguren la validez de los resultados, permitiendo analizar las convergencias de opiniones en torno al problema que se investiga, ya que facilita a los expertos entrevistados opinar sin saber lo que los otros colegas han

planteado, llegando así a un conjunto de ideas, reflexiones, criterios y consideraciones que inciden muy positivamente en la mejora del problema planteado.

Los pasos lógicos para la aplicación de la técnica son:

✓ **Concepción inicial del problema.**

Identificado el inventario de problemas ambientales existente en la fábrica y a partir de una tormenta de ideas con técnicos y especialistas de la empresa y la participación equipo evaluador de Producciones más Limpias, se determina la prioridad de los problemas detectados que más impactan en el objeto de estudio.

✓ **Determinación del número de expertos.**

El número de expertos M se determina empleando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial  $M = p (1-p) k / i^2$  donde i es el nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0.14 y 0.5, p es la proporción estimada del error y k una constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza  $(1-\alpha)$  seleccionado.

✓ **Selección de los expertos.**

Los expertos son especialistas en el tema, que están de acuerdo en cooperar en ofrecer información tanta veces como se solicita.

✓ **Preparación de los cuestionarios.**

El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

✓ **Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas.**

Luego de aplicada la encuesta se procede a realizar la tabulación de los datos, en dependencia de la votación de los expertos y se realiza la sumatoria de la puntuación dada por el evaluador en orden de prioridad de 1 al 8, demostrando la importancia que le concedió al requisito planteado.

✓ **Agrupación de los criterios por orden de prioridad.**

Al aspecto de mayor importancia se le concede el mayor número de puntos y así en orden decreciente hasta 1 punto al de menor importancia. Esta matriz se presenta en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Matriz con los datos de la desviación del valor medio.

Requisitos	Ponderación del Experto							$\Sigma A_{ij}$	$\Delta$	$\Delta^2$
	1	2	3	4	5	6	M			

M es el número de expertos,  $A_{ij}$  es el juicio de importancia del experto i sobre el requisito j,  $\Delta$  es la desviación del valor medio que se calcula:

$$\Delta = (\sum A_{ij} - \tau)$$

$\tau$  = factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula

$\tau = \frac{1}{2} M(K+1)$  donde K es el número de requisitos a evaluar.

✓ **Nivel de concordancia.**

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos se determina por el estadígrafo Kendall  $\omega$ . El valor  $w$  oscila entre 0 y 1. Valores mayores de 0,7 se deben aceptar la decisión, valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis y valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.

Se calcula el coeficiente de concordancia de Kendall.

$$\omega = 12 \sum \Delta^2 / M^2 (K^3 - K)$$

- **Confeccionar diagramas de flujo de proceso.**

Los diagramas de flujo son la representación del proceso de transformación de las materias primas en productos, en el cual se identifican las distintas unidades y etapas más importantes ocurridas en el proceso.

Para construir un diagrama de flujo de proceso, es mejor para el equipo de las Producciones más Limpias empezar listando las operaciones unitarias importantes. Luego, cada una de las operaciones unitarias puede mostrarse en un diagrama de bloque que indica detalladamente los pasos con las entradas y salidas relevantes. Conectando los bloques individuales de las operaciones unitarias se hace el diagrama.

- **Confeccionar los Diagramas cualitativos de entrada y salida.**

Identificadas todas las unidades de proceso, el próximo paso es identificar las entradas y salidas de materiales y energía en cada unidad de proceso, así como donde se generan los desperdicios. En la figura 2.5 se muestra una representación esquematizada del diagrama de entradas y salidas.



Fig. 2.5 Esquema de diagrama de entrada y salida. Fuente Elaboración propia.

### 2.4.3. Estudio Detallado.

El estudio detallado es la recopilación, validación y evaluación sistemática de los datos de proceso, el mismo se fundamenta en los datos e información sobre los principales problemas detectados por el criterio de experto en la evaluación preliminar, los datos

obtenidos se colectan para completar los balances de masa de las entradas y salidas seleccionadas. Comprende las siguientes tareas:

- **Balances detallados de Masa a las operaciones críticas.**

Se seleccionan a partir de los resultados del balance preliminar realizado, las operaciones críticas y se efectúa el balance de materiales para identificar datos faltantes o inexactos. El cálculo del balance de masa es probablemente la más poderosa de las herramientas para la validación de los datos, los cuales pueden ser usados para completar los diagramas de entrada / salida, donde los datos cuantitativos se aplican a estos diagramas para hacer un estimado del consumo y los desperdicio por unidad de proceso.

- **Análisis de la estabilidad de los procesos.**

Para el análisis del proceso se toman los valores de las variables fundamentales que intervienen en el proceso objeto de estudio, en un periodo de tiempo determinado. A la determinación de los valores estadísticos se aplicó el STATGRAPHICS Centurión XVI análisis de una variable y se confecciona un gráfico de aceptación.

- **Identificar las causas de los problemas ambientales y Generar opciones de Producciones más Limpias.**

El equipo de Evaluación de Producciones más Limpias debe empezar a generar opciones. Esto será posible mediante lo que se conoce como un diagnóstico de la causa, por lo que el equipo debe concentrarse en separar las causas más importantes. Para establecer prioridades en la ejecución de las oportunidades se tendrán en cuenta los límites legales establecidos en las emisiones de todo tipo, los riesgos potenciales, las cantidades de residuos que se originan, el potencial de recuperación, los costos de tratamiento o disposición de los residuos, los recursos disponibles y los efectos financieros y ambientales. Durante los pasos anteriores se habrán ido identificando diversas opciones de Producciones más Limpias. Algunas de las opciones identificadas serán de aplicación obvia desde el primer momento, en especial las que solo implican cambios de gestión, mientras otras se podrán descartar inmediatamente. Otro grupo de opciones requiere de un análisis técnico y económico más profundo antes de determinar lo apropiado de su ejecución.

#### **2.4.4. Estudio de factibilidad.**

El equipo puede emprender ahora un chequeo detallado de las opciones en la categoría que se requiera para determinar cuales de las opciones son técnicamente factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- **Evaluación técnica de las diferentes opciones.**

Para cada medida de Producciones más Limpias seleccionada durante el trabajo en planta, se debe determinar el tipo de evaluación (técnica, ambiental, y/o económica)

necesaria para tomar una decisión sobre su viabilidad, y la profundidad con la que se realizarán las evaluaciones consideradas necesarias.

En la evaluación técnica debe considerarse el impacto que tendrán esas opciones en las tasas de producción, tiempos de operación, adición o eliminación de operaciones unitarias, capacitación adicional y/o cambio de personal. Las actividades a desarrollarse son:

- ✓ Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada medida de Producciones más Limpias.
- ✓ Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada medida de Producciones más Limpias.

La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de viabilidad de los fenómenos involucrados en las operaciones unitarias; la disponibilidad o accesibilidad a tecnología, materias primas e insumos, espacio físico, logística, servicios, etc. y las condicionantes que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto.

- **Evaluación ambiental de las diferentes opciones.**

La evaluación ambiental está destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energía, consumo de materia prima etc. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

- **Evaluación económica de las diferentes opciones.**

La evaluación económica tiene la finalidad de determinar si las opciones a implantar son rentables para la empresa. Existen varios tipos de conceptos financieros que pueden ser utilizados para evaluar la factibilidad económica de una medida de Producción más Limpia.

- ✓ Los conceptos de período de recuperación de la inversión y rentabilidad de la inversión son utilizados para realizar evaluaciones económicas rápidas y sencillas.
- ✓ Los conceptos de valor actual y valor futuro, flujo de caja, valor actual neto (VAN), y tasa interna de retorno (TIR).

- **Seleccionar opciones de P+L factibles de aplicar.**

La etapa final de la evaluación es la decisión sobre cual de las opciones debe incluirse en el plan de mejoras de la empresa. Al momento de seleccionar las medidas a implementar, se debe analizar la relación costo beneficio de la inversión, así como el período de retorno de las acciones. Teniendo en cuenta que las Producciones más Limpias es un proceso de mejora continua las recomendaciones no son estáticas y dependerán de las condiciones de cada empresa que decidirá cuales implementar en

función de los beneficios económicos, del ahorro de recursos o de la prevención de problemas ambientales.

#### **2.4.5 Fase de implementación**

La implementación de Producciones más Limpias es la aplicación de una serie de pasos ordenados que conducen a una mejora continua, es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos.

- **Preparar un plan de acción de P+L**

La implementación de acciones, debe ser precedida del diseño de un plan de control y seguimiento, por razones económicas, o de otro tipo, no todas las opciones halladas pueden tener una inmediata realización. Aquellas que no son prioritarias o no ejecutables inmediatamente pasan a formar parte del programa de Producciones más Limpias, dentro de cual se determinará el momento oportuno para su ejecución.

El equipo de las Producciones más Limpias debe dar la primera prioridad a aquellas opciones que sean de bajos costos, fáciles de llevar a cabo y que sean un requisito previo para la aplicación de otras opciones, seguidas de otras más complejas o que requieran inversión, laboratorio, pruebas piloto o interrupciones en los horarios de producción.

### **Conclusiones Parciales.**

1. Se realiza una descripción de las principales características técnicas, productivas y económicas de la Empresa Glucosa Cienfuegos, demostrando que la misma es un soporte fundamental para toda una serie de producciones básicas de la industria de la rama confitera, conservas, lácteas, industrias textiles, del papel y para la fabricación de sorbitol en Cuba por ser la única de su tipo en el país.
2. La Empresa Glucosa Cienfuegos tiene una capacidad productiva de 15 toneladas de Almidón de Maíz, los Siropes de Glucosa dependen de la producción a realizar, para la Glucosa Ácida 30 toneladas y Glucosa Enzimática 25 toneladas, con un plan de producción para el 2010 de 5 575 t, real 6 416,467 y un valor económico de 7 123,1 MP, con un % de cumplimiento de 115,4 MP, siendo rentable.
3. La sección de recepción, limpieza y maceración de maíz de esta Empresa, genera toda una serie de residuales contaminantes los cuales por deficiencias en su tratamiento producen contaminación atmosférica por emisiones gases y olores indeseables, residuos líquidos y sólidos que afectan el entorno de la industria muy sensibles para la ciudad de Cienfuegos por encontrarse la misma dentro de un perímetro urbano de los más poblados de la ciudad.
4. Se hacen las adaptaciones pertinentes a la metodología de acuerdo a la valoración de Producciones más Limpias en la Empresa de Glucosa estudiada, específicamente en el proceso de recepción, limpieza y maceración de maíz.

## **Capítulo III. Análisis de los resultados.**

### **3.1. Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de la Empresa de Glucosa Cienfuegos.**

Para realizar una Evaluación de Producciones más Limpias en la Empresa de Glucosa Cienfuegos, es necesaria e imprescindible la realización de un estudio en la sección seleccionada, lográndose que el resto de los procesos sean estables teniendo en cuenta la calidad de sus producciones, estabilidad en el equipamiento y por consiguiente ahorro de energía, agua y materias prima, dependiendo de su buen desempeño y eficiencia. Se efectúa un reconocimiento de las distintas etapas del proceso, identificando los puntos críticos en el manejo de estos indicadores, así como la generación de residuos y sus efectos ambientales y económicos, determinándose las oportunidades de mejora.

En este trabajo se aplicó la metodología de Producción más Limpia la cual consiste en las siguientes fases:

#### **3.1.1. Planeación y organización.**

En esta etapa se establecen las tareas indispensables para la implementación de una Evaluación de Producciones más Limpias y se realizan las siguientes tareas:

❖ **Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.**

En reunión efectuada con el Consejo de Dirección de Empresa de Glucosa con la participación de técnicos y especialistas de las diferentes áreas de trabajo, se analizó el banco de problemas que afectan el buen desempeño de los procesos productivos en relación a los impactos ambientales que genera la fábrica y su influencia en los ecosistemas aledaños a la entidad. A partir de la discusión con estos factores se determina la necesidad de realizar un estudio de los procesos con el objetivo de amortiguar o minimizar las afectaciones existentes, lograr disminuir los consumos de agua, energía, materia prima, emisiones de gases y polvo a la atmósfera, así como la carga contaminante a la Planta de Tratamiento de Residuales. Obteniendo el compromiso de la dirección de la Empresa, en apoyar con recursos y personal técnico, creando un equipo de Producciones más Limpias, definiéndose un plan de trabajo para la ejecución de las tareas. Acta de compromiso se relaciona en el (Anexo 4).

❖ **Organizar el equipo de Proyecto de Producciones más Limpias.**

La Evaluación de Producciones más Limpias es un trabajo de equipo, organizado, dirigido y apoyado por la dirección general, en la Empresa de Glucosa esta integrado por 12 miembros con conocimientos, experiencias y las competencias necesarias, para realizar un análisis de las prácticas de producciones actuales, también posee la creatividad para explorar, desarrollar y de ser necesario hacer modificaciones, además

de evaluar los obstáculos existentes en el proceso, enfrentarlos, valorarlos y determinar los métodos a seguir. La relación de los especialistas que integran el equipo de Producciones más Limpias se aprecia en la tabla 1 (Anexo 5).

❖ **Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias.**

El equipo establece las metas del programa para la evaluación, relacionando los obstáculos existentes en el proceso objeto de estudio que impiden el desarrollo de la evaluación:

- ✓ Insuficiente conocimiento sobre Producciones más Limpias del equipo de trabajo y personal general de la fábrica.
- ✓ Insuficiente educación ambiental de los trabajadores.
- ✓ Documentación técnica actualizada muy escasa.
- ✓ Insuficientes recursos materiales e incumplimiento del plan de mantenimiento.
- ✓ Carencias de medidores de flujo, manómetros de presión en los procesos.
- ✓ Ausencia de metro contadores para el consumo de agua y electricidad en las diferentes etapas de los procesos.
- ✓ Tecnología con más de 30 años de explotación.
- ✓ Deficiente funcionamiento de la Planta de Residuales.
- ✓ Exceso de carga contaminante en los residuales líquidos.
- ✓ Falta de recursos para acometer nuevas inversiones.

Como parte del programa se proponen posibles soluciones a realizar por el equipo evaluador.

1. Capacitación al equipo y personal sobre Producciones más Limpias.
2. Brindar información sobre los problemas ambientales existentes a directivos y trabajadores, así como capacitar a estos a través de un programa de educación y cultura ambiental.
3. Búsqueda de documentación actualizada en centros especializados.
4. Cumplir el plan de mantenimiento y reparaciones, no efectuar estos solo por roturas y mejorar la gestión de los recursos materiales.
5. Gestionar con las empresas competentes para la instalación de metros contadores para agua y electricidad.
6. Caracterizar sistemáticamente los residuales de la planta.
7. Cumplimentar con el plan de inversiones asignado a la entidad.

❖ **Decidir el enfoque de la Evaluación de Producciones más Limpias.**

El alcance del presente trabajo incluye las secciones de Recepción, Limpieza y Maceración de Maíz, etapas primarias en el proceso de obtención de Almidón y Glucosa.

El énfasis del mismo estará dado en reducir el consumo de materias primas y materiales auxiliares, así como ahorro de agua que intervienen en el proceso, disminuyendo los residuos líquidos y sólidos que se generan y encontrar posibilidades de reuso de ellos.

**3.1.2. Evaluación preliminar.**

En esta etapa se realiza una búsqueda y recolección de datos e información existente de los procesos y operaciones que se desarrollan en la sección objeto de estudio, y se identifican las entradas, salidas y las corrientes de desperdicios o residuos con posibilidades de ser reducidas o eliminadas. A continuación se relacionan las tareas realizadas:

❖ **Colectar y preparar la información básica.**

En la sección objeto de estudio se desarrollan dos procesos principales que son recepción, limpieza y maceración de maíz, así como un proceso auxiliar para la obtención de agua sulfurosa donde se desarrollan operaciones de tamizado, cantidad de movimiento, transferencia de calor y masa. En estas etapas intervienen maíz como materia prima fundamental, azufre sólido como material auxiliar, así como agua, vapor y electricidad, no existiendo en el mismo producto terminado, pero si se generan desperdicios los cuales se vierten como residuales de la empresa.

❖ **Consumo de materias primas.**

En la recolección de la información se toman las entradas de materia prima al proceso productivo tomando como referencia el año 2010 para el estudio, en la tabla 3.1 se desglosan los datos.

Tabla No. 3.1. Comportamiento del consumo materia prima. Año 2010.

<b>Materia Prima</b>	<b>Entrada 2010</b>	<b>Consumo 2010</b>	<b>Consumo Plan 2010</b>	<b>Real 2010</b>
Maíz (kg)	8 315 497	6 859 890 (Limpio)	-	-
Azufre Sólido (kg)	-	26 350	5,5 kg/t maíz limpio	4,0 kg/t maíz limpio

Fuente: Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010.

Como se puede observar en la tabla uno de los problemas detectados en esta información es que el maíz no tiene plan por lo que se procesa todo el que entra en la

fábrica, para la elaboración de sus producciones, el plan de azufre se estableció para la capacidad de diseño cuando existían tres torres de absorción, por lo que el consumo real queda por debajo del plan lo que representa un ahorro de la sustancia dando la posibilidad de hacer una variación en la norma de consumo, el comportamiento de la pureza es de 98, 77 % lo cual cumple con las especificaciones de calidad de su norma que es de un 95 %. Los datos del análisis de la pureza del azufre determinado en el laboratorio de la fábrica de Glucosa Cienfuegos se resumen en la tabla 1 (Anexo 6).

❖ **Consumo de agua.**

El consumo de agua de la fábrica es general, pues no existe metros contadores para cuantificar el consumo por cada etapa, lo cual trae como consecuencia que no se puede determinar el gasto, ni las pérdidas de este producto por procesos. En la tabla 3.2 relacionamos como se comportó este indicador en el año.

Tabla No. 3.2. Consumo de agua. Año 2010.

<b>Consumo</b>	<b>Consumo según plan m<sup>3</sup></b>	<b>Consumo por factura m<sup>3</sup></b>	<b>Pago por plan acueducto a 0.30 CUP / m<sup>3</sup></b>
Agua	256 320	211 443	63 432,9

Fuente: Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010.

Como se puede observar en la tabla se consumió menos agua con relación al plan diseñado para su puesta en marcha (712 m<sup>3</sup> diarios según datos estadísticos existentes). En la sección objeto de estudio cuenta con dos entradas de agua una para refrescar la camisa de salida de los gases en forma de cascada que luego circula por la superficie del quemador de azufre, la otra proviene de los tanques de recolección de procesos (caja 1) y va a los tanques de recolección de agua sulfurosa para recircularla en las torres de absorción y obtener la concentración adecuada. En la actualidad no se puede cuantificar estas entradas.

❖ **Consumo de energía.**

El consumo de energía de la fábrica es general, pues no existe metros contadores para cuantificar el consumo por cada etapa, lo cual trae como consecuencia que no se puede determinar el gasto, ni las pérdidas de este portador por procesos. En la tabla 3.3 relacionamos como se comportó este indicador en el año.

Tabla No. 3.3. Comportamiento de portadores energéticos. Año 2010.

<b>Portadores Energéticos.</b>	<b>U/M</b>	<b>Plan</b>	<b>Real</b>
Energía Eléctrica	MWh/h	0,149	0,131
Fuel Oil	t/t	0,328	0,311

Fuente: Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010.

Como se puede observar en la tabla hubo un ahorro de este indicador en el año analizado.

Para cuantificar el consumo de energía de la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz, se calculó el consumo de electricidad de los equipos instalados en la misma. En la figura 3.1 se muestran las principales etapas del proceso estudiado.

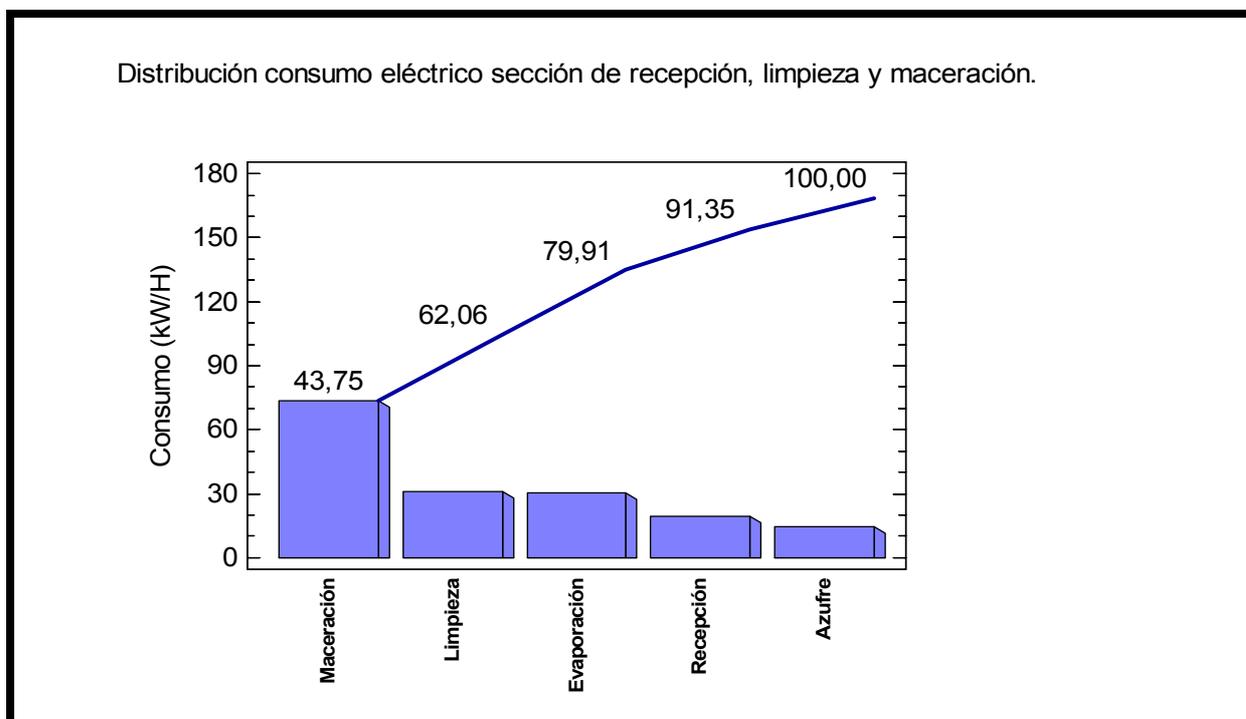


Figura 3.1 Mapa de consumo de energía eléctrica de la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz.

Al analizar el diagrama se definen las áreas mayores consumidoras de energía eléctrica en el proceso objeto de estudio, que se corresponden con la etapa de maceración, limpieza y evaporación.

❖ **Salida del proceso productivo.**

Materias Primas: El maíz macerado obtenido de la etapa de maceración es la materia prima para el proceso de molinación. En el año 2010 se maceró 6 859 890 kg de maíz, el cual contiene un 42 % de agua sulfurosa en el grano.

Agua: El agua de remojo que sale del proceso no se reutiliza, así como el agua fresca que se utiliza para refrescar la camisa de salida de los gases en forma de cascada que luego circula por la superficie del quemador de azufre, ambas van a residuales.

❖ **Salidas de desperdicios.**

En el proceso de limpieza del grano se obtienen un 2,5 % de impurezas compuestas por (tusas, palos, piedras, granos muertos y dañados por calor), así como un 6 % de granos partidos. Estos desechos se reutilizan en la elaboración de pienso.

### ❖ **Exploración y recorrido en Planta.**

Al realizarse un recorrido por las secciones de recepción, limpieza y maceración de maíz, objeto de estudio de este trabajo, se determinó a través de una inspección a la planta, que la misma presenta una serie de inconvenientes que atentan contra las buenas prácticas de las Producciones más Limpias.

Las malas prácticas encontradas en estas etapas fueron identificadas a través de la realización de una simple inspección visual a las áreas de trabajo relacionando a continuación las principales deficiencias detectadas:

#### Área de recepción y limpieza.

1. Derrame de maíz por la estructura del transportador horizontal y vertical, los canchales en mal estado y deficiencias en el funcionamiento.
2. Sistema de limpieza con un filtro polvo sin funcionar y uno reparado pero existen desperdicios de maíz y polvo por toda el área.
3. Zarandas en mal estado y desperdicios de tucas, maíz y polvo en el área de trabajo.

#### Área Quemador de azufre.

1. Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento (ya que la alimentación al quemador se realiza manualmente por el operador).
2. Almacenamiento deficiente de azufre el cual es una sustancia explosiva la misma se encuentra sin protección.
3. Desprendimiento de  $\text{SO}_2$  (g) en el local proveniente del quemador los cuales superan los valores permisibles de contaminación atmosférica.
4. Derrame de agua sulfurosa en las juntas de las torres de absorción.
5. Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.
6. Salidero de gases por la junta de la chimenea.
7. Derrame de agua sulfurosa en el tanque de almacenamiento por no funcionamiento del flotante el cual se derrama y va directamente a residuales.
8. Estructura constructiva en mal estado con deterioro de los pisos, además de estructura metálicas con alto grado de corrosión.

#### Área de remojo y maceración.

1. Flotante de los tanques en mal estado (derrame de agua sulfurosa).
2. Válvulas con pasas en las tuberías.
3. Tuberías en mal estado.

4. Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación.
5. Derrame de licor de remojo a los residuales.
6. Derrame de agua por tuberías y mangueras.

❖ **Selección de los problemas ambientales detectados por criterio de expertos.**

Para la selección de las principales deficiencias y problemas ambientales relacionada con las malas prácticas de Producciones más limpias en la fábrica, se somete a la aplicación de la Técnica de Criterios de Expertos donde los pasos lógicos a aplicar son:

- **Concepción inicial del problema.**

Mediante una tormenta de ideas con técnicos y especialistas de la empresa se seleccionaron las 8 principales causas de las 17 detectadas en el recorrido por la planta, las cuales se muestra en la tabla 3.4, así como resumen de los problemas detectados en ellas.

Tabla No. 3.4. Selección de los problemas identificados.

Orden	Problemas identificados
1	Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.
2	Desprendimiento de $SO_2(g)$ de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.
3	Derrame de licor de remojo a los residuales.
4	Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.
5	Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación.
6	Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento.
7	Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado.
8	Flotante de los tanques en mal estado.

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

- **Determinación del número de expertos**

El número de expertos  $M = 8$  expertos, es decir se requieren de 8 expertos para realizar el primer análisis para un 10% de error en la estimación, el calculo del número de expertos se aprecia en el (Anexo 7).

- **Selección de los expertos.**

Los expertos son especialistas en el tema, que están de acuerdo en cooperar y en ofrecer información tanta veces como se solicita. De la Empresa de Glucosa Cienfuegos, se seleccionaron 6 expertos entre los especialistas y técnicos que dominan el problema científico tratado, así como la opinión de 2 expertos de la Universidad de

Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, los cuales tienen incidencia en el estudio de el presente trabajo. En la tabla 1 (Anexo 8) se resume la formación técnica, años de experiencia y % de dedicación al tema en el área de trabajo.

- **Preparación de los cuestionarios.**

Una vez seleccionado los expertos, se diseña un cuestionario teniendo en cuenta el orden de prioridad y demostrando la importancia que se le concedió al requisito planteado. En la tabla 1 (Anexo 9) se relaciona el cuestionario diseñado y aplicado a los expertos. La encuesta diseñada y aplicada se relaciona en el (Anexo 10).

- **Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas.**

- ✓ **Procesamiento de los datos.**

Luego de aplicada la encuesta se procede a realizar la tabulación de los datos, en dependencia de la votación de los expertos, se realiza la sumatoria de la puntuación dada por el evaluador en orden de prioridad de 1 al 8, demostrando la importancia que le concedió al requisito planteado. En la tabla 3.5 se resume la tabulación de la encuesta y el resultado de los datos obtenidos.

Tabla No. 3.5. Los datos obtenidos de los expertos.

No	Criterios evaluados	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	T
A	Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza	3	4	4	4	4	3	2	4	28
B	Desprendimiento de SO <sub>2</sub> (g) de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre	2	3	3	1	1	4	4	5	23
C	Derrame de licor de remojo a los residuales	1	2	2	2	1	2	3	7	20
D	Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador	4	1	1	5	8	1	1	1	22
E	Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación	6	6	7	6	4	5	7	3	44
F	Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento	5	5	5	3	1	6	5	2	32
G	Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado	7	8	8	7	8	7	8	6	59
H	Flotante de los tanques en mal estado	8	7	6	8	1	8	6	8	52

Fuente: Encuesta realizada a los expertos. Empresa Glucosa Cienfuegos.

Como se puede observar luego de tabular las 8 principales causas seleccionadas para la aplicación de criterio de experto, se determinó que el orden de prioridades establecido por problemas existente es:

- Problema No 1. Derrame de licor de remojo a residuales.
- Problema No 2. Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.
- Problema No 3. Desprendimiento de  $\text{SO}_2$  (g) de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.
- Problema No 4. Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.
- Problema No 5. Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento.
- Problema No 6. Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación.
- Problema No 7. Flotante de los tanques en mal estado.
- Problema No 8. Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado.

En este trabajo analizaremos los cuatros principales problemas detectados, a los cuales se le realizará una evaluación detallada y proponer un plan de medidas para la amortización o minimización de los desechos que se generan de ellos.

#### ✓ **Análisis de la información.**

La concordancia de los expertos fue determinada por el Coeficiente de Concordancia de Kendall. Para el cálculo del Coeficiente de Concordancia de Kendall se confecciona una matriz con los criterios y la votación de los expertos, como se muestra en la tabla 1 (Anexo 11).

#### ✓ **Calculo del coeficiente de concordancia de Kendall.**

$$\omega = 12 \sum \Delta^2 / M^2 (K^3 - K)$$

$$\omega = 12 * 1549 / 64 * (8^3 - 8) = 0,57$$

Es necesario señalar que el coeficiente de Kendall es de 0,57 esto no implica que los resultados sean totalmente confiables, ya que se necesita una mayor preparación de los expertos y realizar el estudio detallado de cada problema tratado. Al concluirse este trabajo se estará en una mejor condición para la valoración de la problemática tratada en el área estudiada.

❖ **Diagrama de flujo de proceso.**

La sección de recepción, limpieza y maceración de maíz tiene tres procesos asociados, de ellos dos principales y uno auxiliar en la figura 3.2 se muestra el diagrama de flujo de esta etapa.

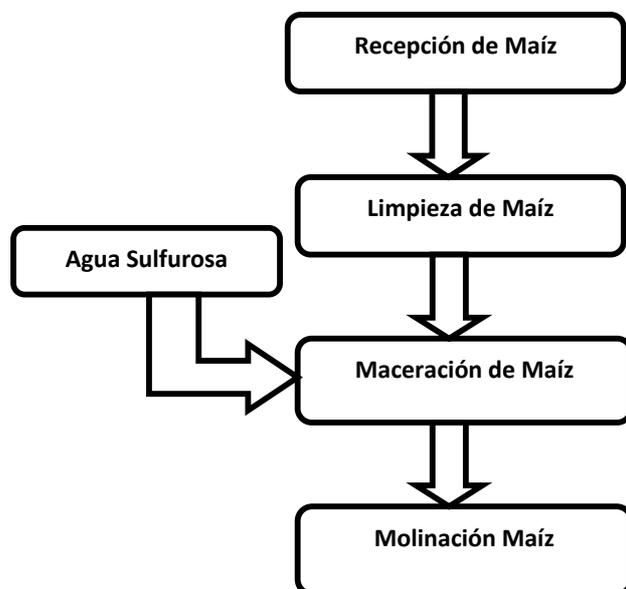


Fig. 3.2. Diagrama de Flujo del la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Diagrama de entrada y salida de los procesos.**

Como hemos explicado anteriormente la sección cuenta con tres procesos, en las figuras 3.3, 3.4 y 3.5 se muestran los diagramas de entrada y salida del proceso.

✓ **Sección de recepción y limpieza de maíz.**

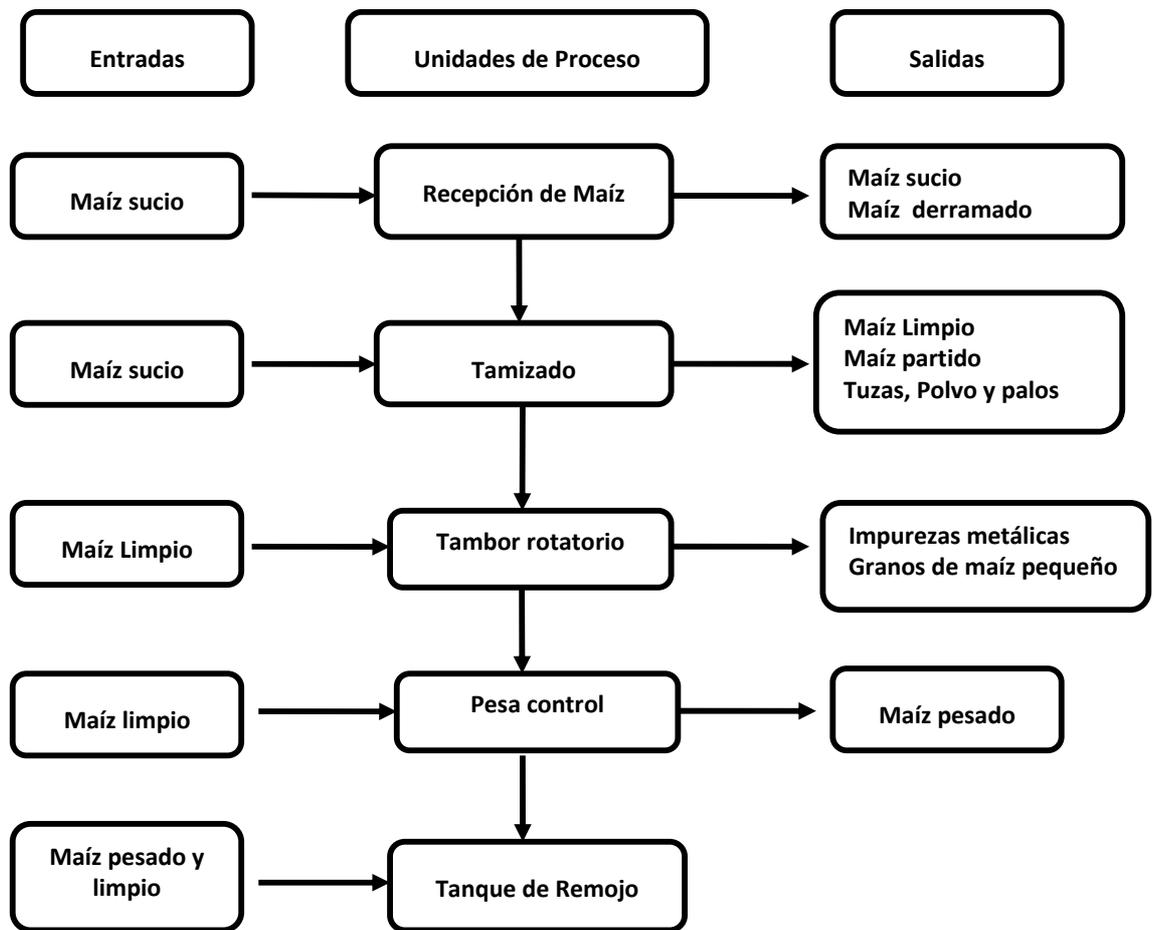


Fig. 3.3. Diagrama de entrada y salida de sección de recepción y limpieza de maíz.

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Sección de maceración de maíz.**

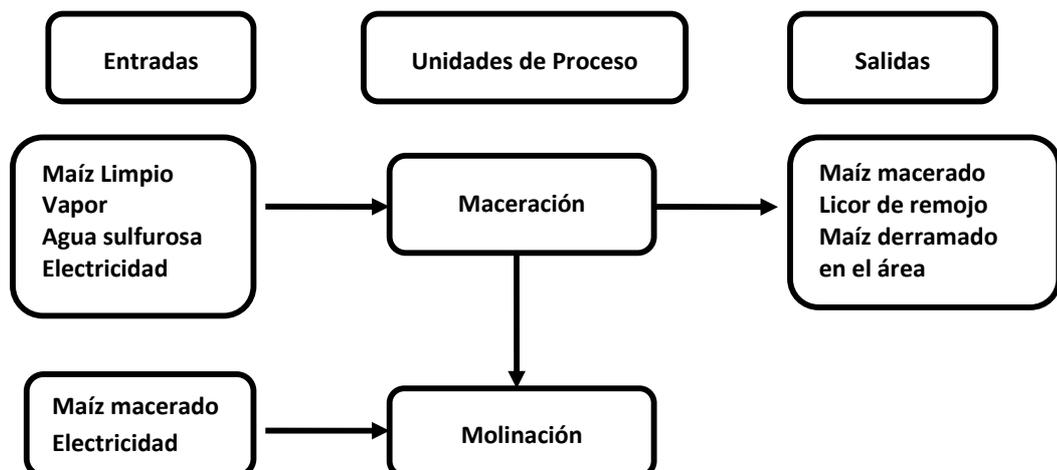


Fig.3.4. Diagrama de entrada y salida de sección de maceración. Fuente Elaboración propia.

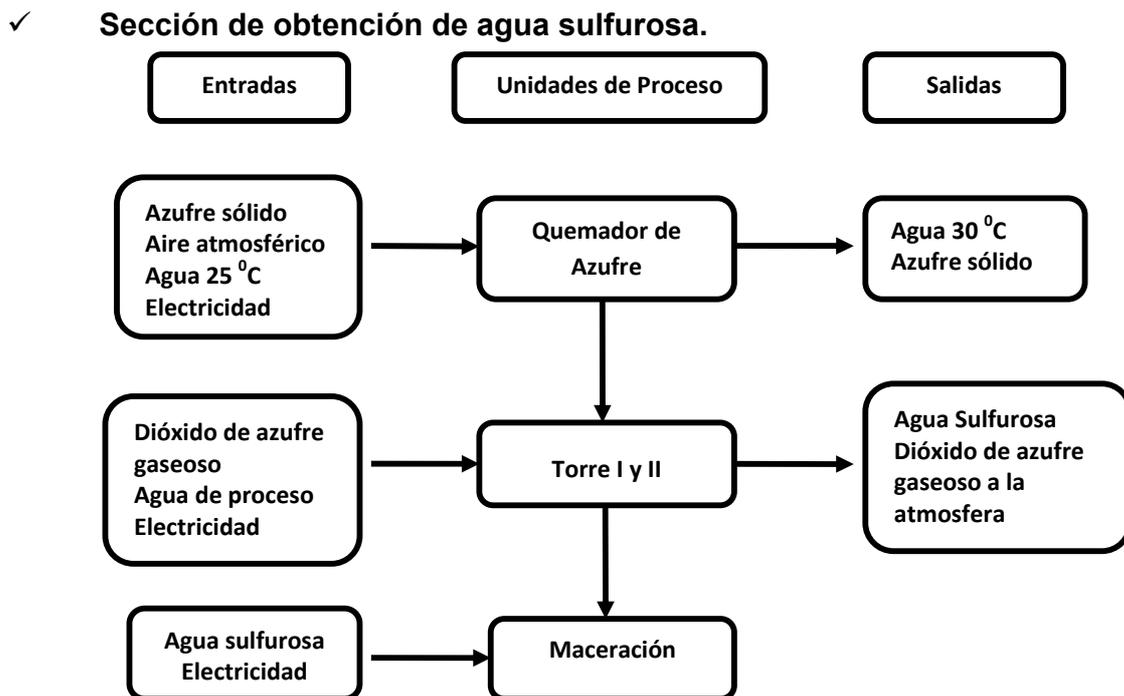


Fig.3.5. Diagrama de entrada y salida de sección de obtención de agua sulfurosa.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar de todas las etapas se obtienen dos tipos de productos como son:

- Materias primas: maíz limpio, maíz macerado y agua sulfurosa utilizadas como materia prima en otros procesos.
- Desechos sólidos: maíz partido, impurezas que acompañan al maíz utilizado en la fabricación de pienso y azufre sólido el cual se debe tratar para evitar impactos medioambientales.
- Desechos Líquidos: licor de remojo, agua que refresca el quemador los cuales se pueden reutilizar en el proceso.
- Desechos gaseosos: el dióxido de azufre gaseoso se debe tratar de minimizar sus emisiones a la atmosfera para evitar mayores impactos medioambientales en el entorno laboral.

### 3.1.3. Estudio Detallado.

Con la aplicación del criterio de expertos se determinaron los cuatro principales problemas ambientales de los ocho analizados y se realiza una evaluación preliminar a cada uno de ellos, aplicando la metodología de Producciones más Limpias, para los balances de materia se toman los datos que se obtuvieron de los registros de controles de producción, consumos, balance económico, fichas de costo de producto, así como mediciones realizadas en el laboratorio de la fábrica.

### 1. Derrame de licor de remojo a los residuales.

Al concluir el tiempo de maceración, el maíz blando el cual contiene un 42 % de agua sulfurosa en el grano es transportado a la etapa de molinación, el licor de remojo generado de esta etapa que contiene 60 gramos de sólidos totales por litros disueltos es derramado, llegando a la planta de residuales sin ningún tratamiento, según el diseño propuesto a la puesta en marcha de la fábrica, este licor se concentraba en un evaporador y se reutilizaba para enriquecer el forraje, o se vendía concentrado, actualmente la etapa de evaporación no se encuentra realizando las funciones para lo que se diseño (concentración del licor generado en el proceso de maceración). A continuación en la figura 3.6 se presenta el esquema de flujo de la sección para un tanque de maceración.

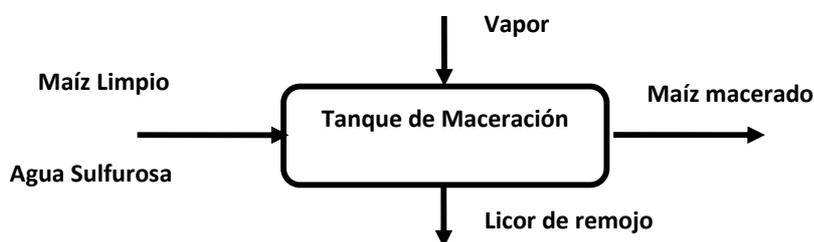


Fig.3.6. Diagrama de Flujo del proceso de Maceración. Fuente: Elaboración propia.

#### ❖ Registros de datos.

Los datos del proceso, se establecen considerando un proceso discontinuo, la capacidad de almacenaje de un tanque de maceración y durante 60 horas tiempo establecido para el procesamiento del maíz tipo Yellow. En la tabla 1 (Anexo 12) se relaciona lo valores para la realización de los balances.

#### ❖ Derrame de licor con contenido de azufre y otros sólidos disueltos presentes en el maíz.

En la figura 3.7 se representa el diagrama de flujo con las corrientes que intervienen en el balance de masa, el vapor que entra en los tanques no se tuvo en cuenta para realizar el balance de materiales, ya que es despreciable la cantidad que se inyecta por lo que no influye en el proceso, los valores de temperatura es para determinar la densidad de la muestra.

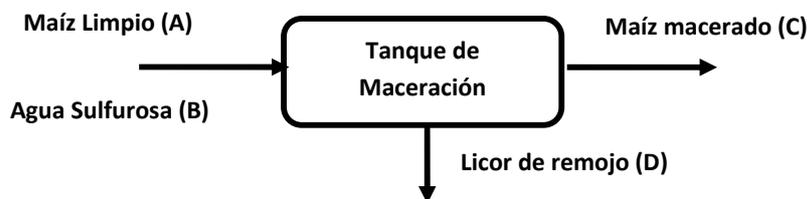


Fig. 3.7. Diagrama de flujo de las corrientes del proceso. Fuente: Elaboración propia.

#### ✓ Balance de Licor de remojo.

Con los datos recopilados del proceso de maceración se realizan los cálculos del balance de materia de licor de remojo que se derrama, así como la cantidad de agua que contiene el licor de remojo producido en la etapa de maceración en la tabla 3.6 y 3.7 se resumen los resultados obtenidos. Los cálculos del balance se pueden apreciar en el (Anexo 12).

Tabla No 3.6. Cantidad de licor de remojo derramado.

Producto	Cantidad de licor de remojo/ 60 horas	Cantidad de licor de remojo/ año
Cantidad Licor de remojo derramado (m <sup>3</sup> )	18,1	1 699,2

Fuente: Balance de masa de etapa de maceración.

Tabla No 3.7. Cantidad de agua contenida en el licor de remojo derramado.

Producto	Cantidad de agua en el licor de remojo/ 60 horas	Cantidad de agua en el licor de remojo/ año	Precio \$0.30/m <sup>3</sup> (CUP)
Cantidad de agua contenida en el licor de remojo que se derrama (m <sup>3</sup> )	16,9	1 588,7	476,61

Fuente: Balance de masa de etapa de maceración.

#### ❖ **Análisis del comportamiento del pH de las aguas residuales a la entrada y salida de la planta de tratamiento.**

Cuando se derrama el licor de remojo a los residuales de la fábrica este llega a la planta de tratamiento con un pH 3,0 este producto rico en materia orgánica y nutrientes tales como carbohidratos, proteínas, lípidos y material inorgánico, se mezcla con otras aguas procedentes de el resto de los proceso, las cuales arrastran consigo diferentes objetos como son: pedazos de sogas, de tusas de maíz, de madera, etc., más las aguas albañales, a la entrada de la planta de tratamiento se le realizan mediciones de pH y luego de un previo tratamiento con hidróxido de calcio, se vierten a la bahía. En la figura 3.8 se muestra un diagrama del flujo del proceso.

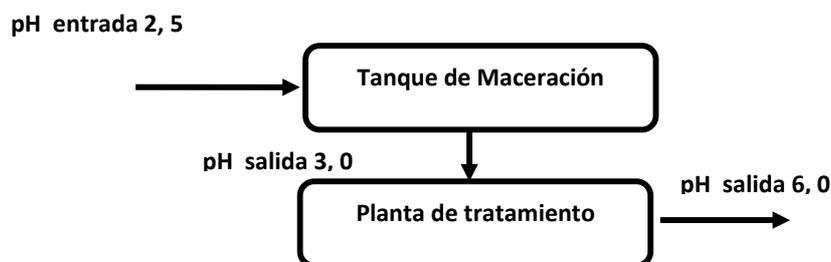


Fig.3.8. Diagrama de flujo de pH. Fuente: Elaboración propia.

✓ **Registros de datos.**

Según la norma establecida en el proceso tecnológico de tratamiento de aguas residuales de la UEB Glucosa Cienfuegos, los valores del pH de entrada a la planta de residuales debe tener como máximo un valor de 6 unidades de pH y de 6 a 7 unidades de pH a la salida con un valor medio de 6,5 unidades de pH para ser derramado en la bahía. En la tabla 1 (Anexo 13) se resumen de los valores de pH que se establecen por norma para las sustancias que intervienen en la sección objeto de estudio, así como en la planta de tratamiento.

Para el análisis del proceso se tomaron los valores de las variables de los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2010 en la tabla 1 (Anexo 14) se relacionan los valores medidos por los técnicos de laboratorio de la fábrica. Para la determinación de los valores estadísticos se aplicó el STATGRAPHICS Centurión XVI análisis de una variable. Del resumen estadístico se obtiene:

- El pH obtenido en el agua sulfurosa a la salida de la torre 1 de absorción es de 1,86 (media aritmética obtenida de las mediciones realizadas en los meses de estudio), no cumpliendo con la norma de proceso (NEIAL 2306.19 año 1999) que es de 2,5 unidades de pH como máximo.
- Comportamiento de pH de entrada de los líquidos residuales en la planta de tratamiento.
  - $\bar{\eta} = 348$
  - $X = 4,64$
  - Desviación estándar  $\sigma = 0,78$  pH
  - Coeficiente de variación = 16,94 %
  - Valor mínimo = 2,94 pH
  - Valor máximo = 8,52 pH
  - Rango 5,58 pH

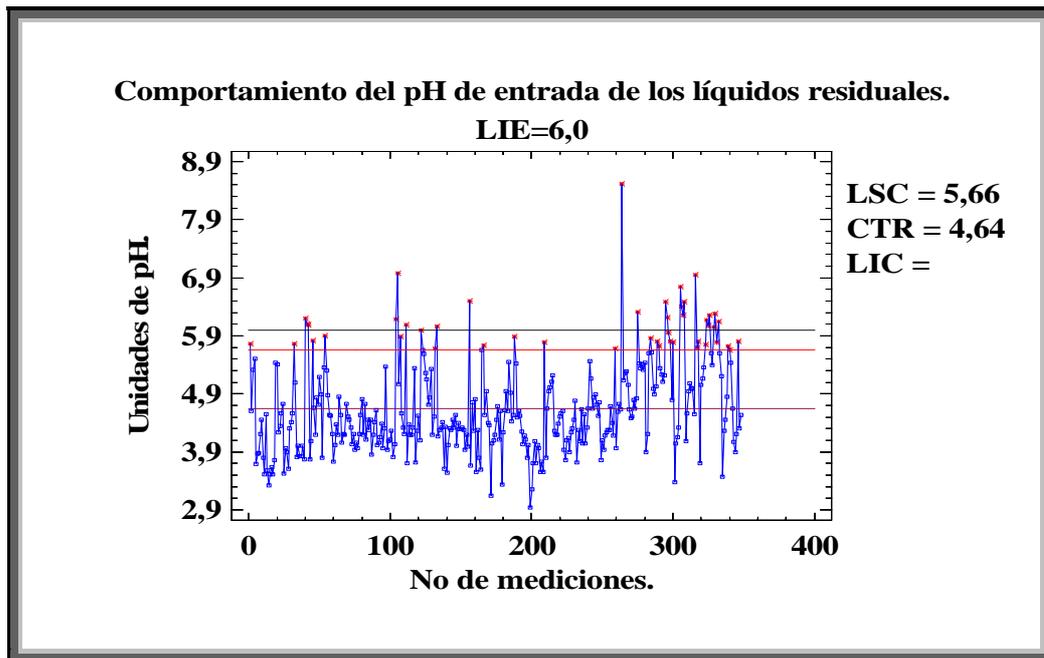


Gráfico 3.1 Comportamiento del pH de entrada de los líquidos residuales. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos 2010.

Como se observa al analizar el gráfico de aceptación obtenido la estabilidad del proceso es baja, con 93,3 % de los valores por debajo de 6 pH, o sea que la estabilidad del proceso en la entrada de los residuales es de 6,6 %, esto puede ocasionar incrementos en el proceso de fermentación, aumentando los impactos ambientales, así como el consumo de sustancias para el tratamiento de las aguas y por consiguiente los costos.

- Comportamiento de pH de salida de los líquidos residuales en la planta de tratamiento.
  - $\bar{\eta} = 342$
  - $X = 4,74$
  - Desviación estándar  $\sigma = 0,58$  pH
  - Coeficiente de variación = 12,3 %
  - Valor mínimo = 0,97 pH
  - Valor máximo = 7,3 pH
  - Rango 6,33 pH

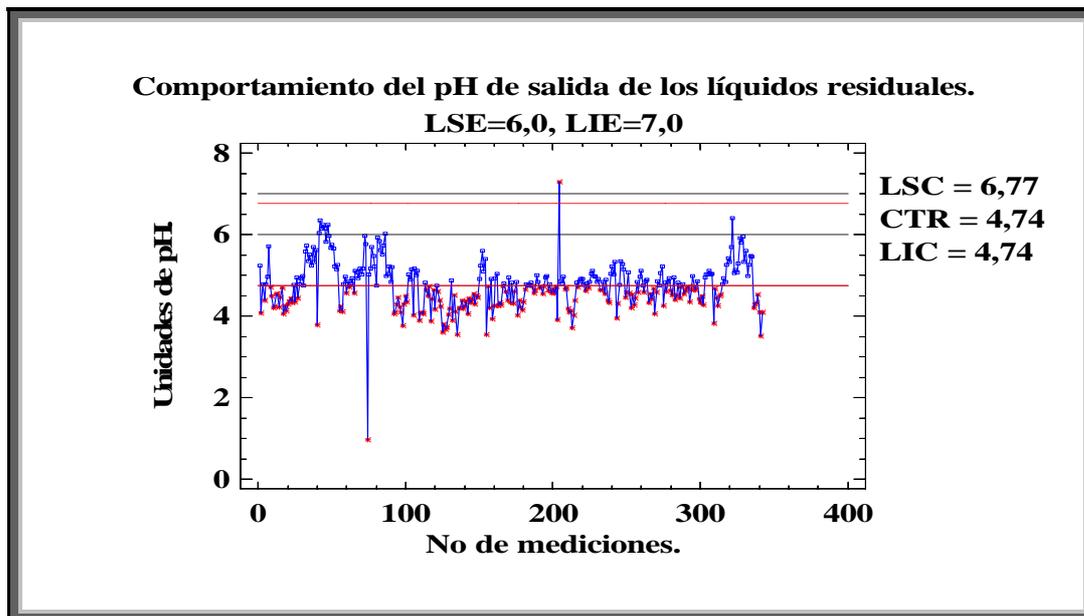


Gráfico 3.2. Comportamiento del pH de salida de los líquidos residuales. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos 2010.

Para analizar la estabilidad del proceso como se observa en el gráfico de aceptación, es baja con 0,29 % de los valores por encima de 7 pH y con 97,3 % de los valores por debajo de 6 pH, o sea que la estabilidad del proceso en la salida de los residuales es de 2,3 %, el valor medio real es de 4,74 y está por debajo del normado 6,5 no cumpliendo con la norma (NEIAL 2306.17), esto puede ocasionar que el pH de salida de los líquidos residuales a la bahía es muy ácido aumentando así los impactos ambientales del ecosistema.

❖ **Impactos ambientales.**

Se puede observar una vez concluido el balance de materiales y el análisis estadístico del pH de las aguas que entran y salen de la planta de tratamiento y se vierten en zonas aledañas a la fábrica y la bahía, provocan impactos ambientales en los diferentes ecosistemas con los que interactúa. Entre los principales impactos ambientales tenemos:

- El agua sulfurosa contenida en el licor de remojo es muy corrosiva lo que ocasiona daños en las estructuras metálicas de la instalación, erosión de pisos y tuberías, además es irritante y afectan directamente el área de la piel, los ojos, y las vías respiratorias de las personas que se encuentran en contacto con ella.
- Estos residuales se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica que al ser vertidos a cuerpos de agua produce agotamiento del oxígeno disuelto, lo cual afecta el desarrollo de la vida acuática y ocasiona un predominio de especies anaeróbicas,

afectando por tanto la biodiversidad, con la reducción de los sulfatos (abundantes en el agua de mar), produce sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada.

❖ **Aprovechamiento del licor de remojo.**

Con la utilización del evaporador existente en la fábrica, se recupera este licor de remojo evitando su vertimiento a residuales y por consiguiente un menor impacto ambiental, el licor obtenido tiene una concentración de 50<sup>0</sup>Bx para venta como alimento animal o para enriquecer el forraje que se empleaba en la fábrica de pienso, según literatura revisada este producto concentrado contienen un 35 % de nitrógeno proteico, 26 % de ácido láctico, 18 % de cenizas y 7 % de ácido fítico, además contienen niveles razonables de vitamina B, por su contenido de nitrógeno es utilizado en las industrias de fermentación. En el (Anexo 15) se relaciona el balance parcial de materia para determinar la cantidad de licor de remojo concentrado.

A continuación en la tabla 3.8 se muestra el valor en moneda nacional del licor de remojo concentrado y 3.9 se expone la producción de forraje en el año 2010 y el valor que tendría el mismo si se le adiciona licor concentrado.

Tabla No. 3.8. Producción de licor concentrado. Año 2010.

Producto	Cantidad de licor de remojo según balance	Cantidad de licor de remojo concentrado	Precio CUP/1000 kg	Precio Total CUP/año
Licor de remojo (kg)	1 869 135,8	149 530,8	100,00	14 953,08

Fuente: Balance de materiales.

Tabla No. 3.9. Producción de Forraje. Año 2010

Producto	Plan 2010 (kg)	Real 2010 (kg)	Precio CUP/1000 kg	Precio Total CUP/año
Forraje sin enriquecer	845 440	495 300	135,00	66 865,5
Forraje Enriquecido con licor de remojo concentrado	845 440	495 300	313,77	155 410,28

Fuente: Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010.

Como se puede observar en las tablas anteriores si se concentra el licor de remojo se obtiene una la ganancia de 14 953,08 CUP por concepto de licor de remojo concentrado y 88 544,78 CUP si se le añade este licor al forraje para enriquecerlo en un año.

❖ **Estudio de factibilidad económica para la recuperación del licor de remojo en el evaporador de la fabrica.**

Para la recuperación del licor de remojo se realizara un estudio de factibilidad económica en el evaporador que hoy esta realizando otras funciones dentro del proceso productivo de la fábrica. En la figura 3.9 se muestra un diagrama flujo del evaporador.

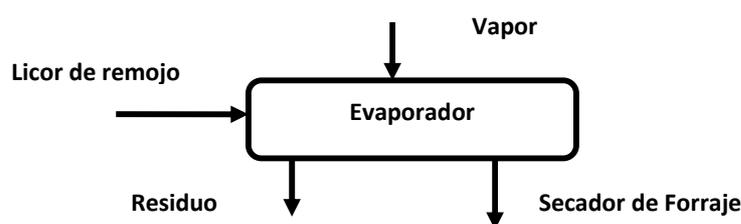


Fig. 3.9. Diagrama de Flujo del evaporador. Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación económica se tomo en cuenta los indicadores económicos que se necesitan para producir 1000 kg de producto, el costo de producción y los gastos generales de la etapa, así como el costo de la inversión que consiste en la instalación de un tanque de almacenaje para el licor de remojo macerado, una bomba para recirculación del liquido y los accesorios necesarios en la instalación. En la tabla 1; 2; 3 y 4 (Anexo 16) se relacionan estos indicadores.

Con esta inversión se puede utilizar de forma alternativa el evaporador existente en la fábrica y que actualmente se encuentra concentrando la producción de VIMANG, producto que se macera y concentra para ser utilizado como materia prima en la elaboración de medicamentos para consumo humano, el tiempo de duración de este proceso es aproximadamente de 12 horas al día, si se tiene en cuenta que el proceso de maceración de maíz es de 60 horas como mínimo, el licor de remojo puede ser almacenado en un tanque para su posterior evaporación cada 3 días. En la tabla 3.10 se muestran los pronósticos para esta inversión.

Tabla No 3.10. Se muestran los pronósticos de gastos e ingresos para una inversión.

Concepto	Años				
	2013	2014	2015	2016	2017
Ingresos por ventas	155 410,28	155 410,28	155 410,28	155 410,28	155 410,28
Costos de Producción	111 253,15	111 253,15	111 253,15	111 253,15	111 253,15
Utilidad Marginal	44 157,13	44 157,13	44 157,13	44 157,13	44 157,13
Gastos Generales	616	616	616	616	616
Utilidad bruta	43 541,13	43 541,13	43 541,13	43 541,13	43 541,13
Impuestos sobre la renta (36 %)	15 674,8	15 674,8	15 674,8	15 674,8	15 674,8
Utilidad neta	27 866,23	27 866,23	27 866,23	27 866,23	27 866,23
Depreciación 6 %	1 656,28	1 656,28	1 656,28	1 656,28	1 656,28
Flujo neto efectivo	29 522,51	29 522,51	29 522,51	29 522,51	29 522,51
Inversión inicial	27 604,67				
VAN	96.665,67 €				
TIR	74 %				
Tiempo de recuperación de la inversión	2 años				

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Como se puede observar el VAN  $\geq 0$  por lo que es atractiva la inversión propuesta con TIR de 74 % > TMAR 16 % y un tiempo de recuperación de dos años. En las gráfico 3.3 se muestra el periodo de recuperación.

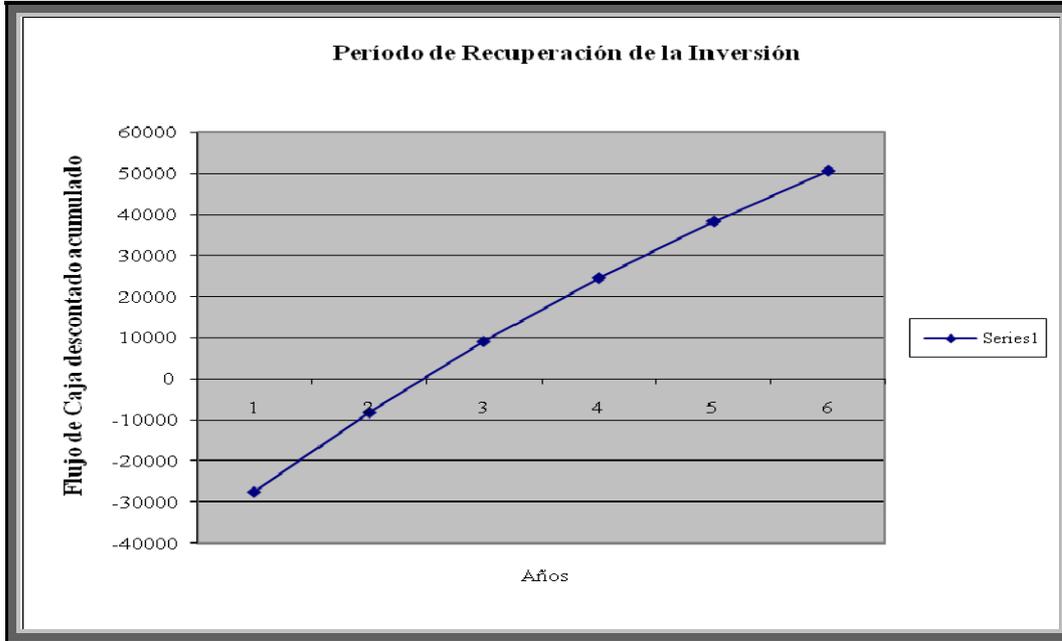


Gráfico 3.3 Tiempo de recuperación de la inversión. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

### Problema 2. Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.

El quemador de azufre es un equipo que por su uso y tiempo de explotación se encuentra el mal estado, presentado gran corrosión, tiene en la parte superior una tubería de la cual sale agua potable proveniente de los tanques de almacenamiento y es utilizada para refrescar los gases durante la combustión del azufre sólido, al no contar con ningún recipiente el cual pueda recolectar esta agua, y recircularla es derramada a los residuales, desperdiciándose de la misma. A continuación en la figura 3.10 se presenta el esquema de flujo de la sección.

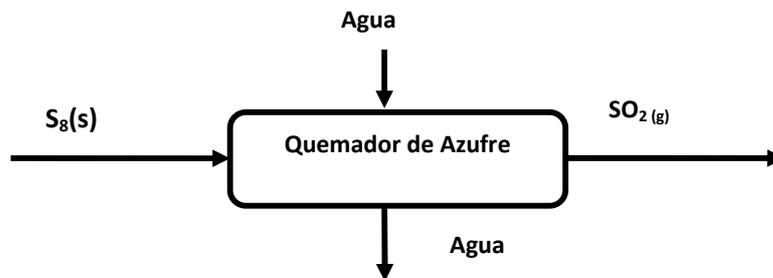


Fig. 3.10. Diagrama de flujo del quemador de azufre. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Registros de datos.**

La fábrica no cuenta con metros contadores para determinar el gasto de agua en cada etapa por lo que se hizo necesario medir la pérdida de este líquido por métodos manuales es decir poner un recipiente bajo el punto de vertimiento y medir el tiempo en que se recoge un volumen conocido donde:

- En 40 segundos se derrama 2 litro de agua.
- En 3 turnos de trabajo de 8 horas cada turno.
- Precio de agua 0,30 CUP.
- 234 días de trabajo en el año 2010.

❖ **Derrame de agua que refresca el quemador.**

Con los datos recopilados se determina la cantidad de agua que se derrama por la cascada del quemador para refrescar la camisa de los gases. En la tabla 3.11 se resumen las pérdidas, los cálculos para determinar esta pérdida se relacionan en el (Anexo 17).

Tabla No. 3.11. Resumen de las pérdidas de agua para un año.

<b>Producto</b>	<b>Derrame de agua (día)</b>	<b>Derrame de agua (año)</b>
Agua (m <sup>3</sup> )	4,32	1 010,8
Valor 0,30CUP/ m <sup>3</sup>	1,29	303,24

Fuente: Balance de materiales.

❖ **Aprovechamiento del agua.**

Para la recuperación del agua, se propone colocar un tanque debajo del quemador para recolectar el agua fresca que sale de la cascada, luego a través de una bomba es impulsada a otro tanque colocado en la parte superior y este es el encargado de suministrar el agua que se reutilizaría para refrescar los gases durante la combustión del azufre, se adaptaría un micro chucho eléctrico, con un sistema de flotante, que acciona por alto y por bajo nivel de agua en el tanque del agua recuperada, permitiendo arrancar la bomba cuando el tanque este lleno y parar cuando este vacío.

Para la evaluación económica de esta inversión se tomo en cuenta indicadores económicos que se necesitan para recuperar esta agua, el costo de producción y los gastos generales de la etapa, así como el costo de la inversión que consiste en la construcción de un tanque recolector de acero inoxidable de 3 m<sup>3</sup>, instalar uno receptor de 4 m<sup>3</sup> existente en la fabrica, así como la recuperación de una moto-bomba que se encontraba ya de desuso en la fábrica con un bajo consumo eléctrico y los accesorios necesarios en la instalación. En la figura 3.11 se muestra el diagrama de flujo del proyecto y en la tabla 1; 2 y 3 (Anexo 18) se relacionan estos indicadores.

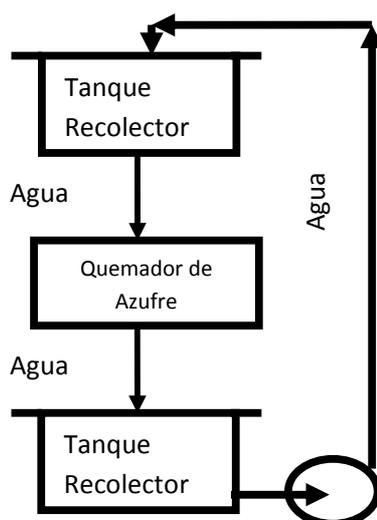


Fig. 3.11. Diagrama de flujo de la inversión para la recuperación del agua que se derrama en el quemador de azufre. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estudio de factibilidad de aprovechamiento del agua.**

Para determinar la factibilidad de la recuperación del agua que se utiliza para refrescar el quemador, se realizará un estudio económico de la instalación. En la tabla 3.12 se resumen los principales indicadores del estudio y su recuperación.

Tabla No. 3.12. Se muestran los pronósticos de gastos e ingresos para una inversión.

Concepto	Años				
	2013	2014	2015	2016	2017
Disminución de gasto de agua recuperada	303,24	303,24	303,24	303,24	303,24
Costos de Producción	4366,05	4366,05	4366,05	4366,05	4366,05
Utilidad Marginal	-4062,8	-4062,8	-4062,8	-4062,8	-4062,8
Gastos Generales	0	0	0	0	0
Utilidad bruta	-4062,8	-4062,8	-4062,8	-4062,8	-4062,8
Impuestos sobre la renta (36 %)	-1462,6	-1462,6	-1462,6	-1462,6	-1462,6
Utilidad neta	-2600,2	-2600,2	-2600,2	-2600,2	-2600,2
Depreciación	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8
Flujo neto efectivo	-2567,3	-2567,3	-2567,3	-2567,3	-2567,3
Inversión inicial	547.95				
VAN	-8.406,09 €				
TIR	-				
Tiempo de recuperación de la inversión	En un periodo de 5 años no se recupera				

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Como se puede observar el  $VAN \leq 0$  por lo que el resultado de la inversión no es atractiva ya que en un análisis de 5 años el sistema tiene que ser subsidiado, el TIR es menor que el TMAR 16 %. Las causas de no ser atractiva se deben al bajo costo del agua que es de 0,30 CUP/ m<sup>3</sup>.

**Problema 3. Desprendimiento de SO<sub>2</sub> (g) de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.**

Al realizarse la combustión del azufre sólido, hay desprendimiento de gases en el quemador por la juntas de las tuberías, así como por el tope de la torre 2 se libera el SO<sub>2</sub> (g) que no se disuelve con el agua para la formación de agua sulfurosa. Estos vapores se encuentran diseminados por toda el área del cuarto provocando gran contaminación atmosférica, los valores de los olores desprendidos sobre pasan el umbral de olor 0,5 ppm (1 mg/m<sup>3</sup>) como dosis permisible para este gas lo cual es detectado por el olfato humano, ya que al entrar en el local produce tos, asfixia, y congestión bronquial a las personas que laboran en el mismo. En la figura 3.12 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

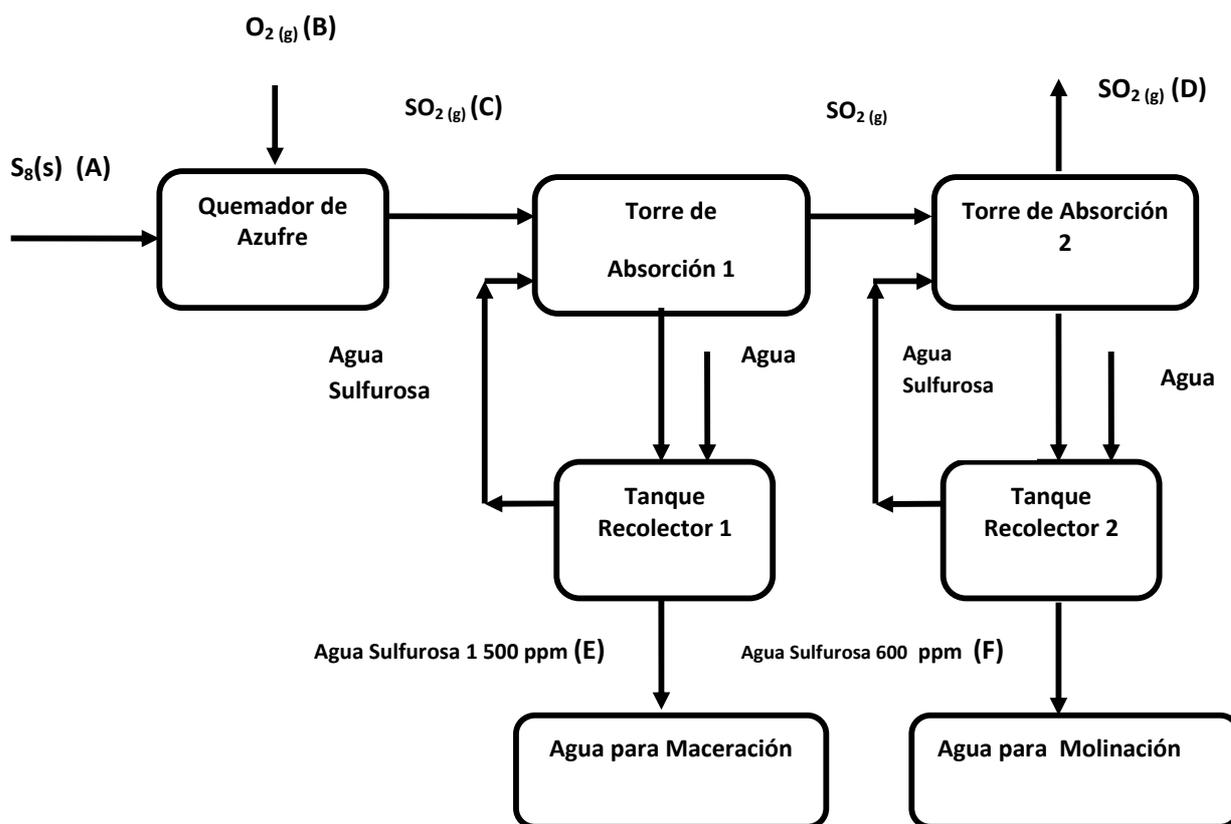


Fig. 3.12. Diagrama de flujo de obtención de agua sulfurosa. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Recolección de los datos.**

Los datos para la realización del balance de materia de esta etapa se establecen considerando la cantidad de azufre sólido suministrado al quemador, los flujos de salida de las torres, así como su concentración. En la tabla 1 (Anexo 19) se relaciona estos valores.

❖ **Balance de materiales de SO<sub>2</sub> (g).**

Con los datos recopilados del proceso para la obtención de agua sulfurosa, se realizan los cálculos del balance de materia para determinar la cantidad de SO<sub>2</sub> (g) que se libera a la atmósfera, en la tabla 3.13 se resumen los resultados obtenidos. Los cálculos del balance se pueden apreciar en el (Anexo 19).

Tabla No 3.13. Cantidad de azufre liberado a la atmósfera.

Producto	Cantidad kg SO <sub>2</sub> / año
SO <sub>2</sub> (g) liberado por la torre 2 a la atmosfera	54 784,15

Fuente: Balance de materiales.

❖ **Eficiencia del SO<sub>2</sub> (g) consumido.**

La eficiencia del sistema se obtiene mediante la relación entre el SO<sub>2</sub> disuelto en las torres para formar el agua sulfurosa y el que no se disuelve que va a la atmósfera.

$$E = \text{SO}_2 \text{ disuelto} / \text{SO}_2 \text{ total} * 100 = 94,97 \text{ kg SO}_2 / \text{año} / 54\ 879,12 \text{ kg SO}_2 / \text{año} * 100 = 0,17 \%$$

Como se puede observar la eficiencia del sistema es baja, debido a que el suministro de azufre al quemador se realiza manual por los operarios de la planta, sin un pesaje adecuado para determinar la cantidad de azufre que se debe suministrar, para obtener la concentración que se necesita en el proceso. Se debe explicar que el valor de la cantidad de dióxido de azufre liberado a la atmósfera se determina por primera vez, no existiendo valores históricos para realizar una comparación, por lo que se deben hacer mediciones frecuentes, con el objetivo de analizar comparativamente esta problemática en la fábrica.

❖ **Suministro de azufre al quemador.**

El suministro de azufre al quemador se realiza manual por el operario que labora en la planta.

En cada turno de trabajo se añaden al quemador 25 palas de azufre y en mediciones realizadas por lo técnicos de la fábrica 1 pala pesa 1,5 kg de azufre si se trabaja 3 turnos entonces:

- Se consumen 112,5 kg de azufre al día, lo que representa 26 350 kg de azufre al año

Cada vez que se suministra azufre al quemador se derrama producto en suelo, si el azufre tiene un valor de 448 CUP/1 000 kg de producto, en la tabla 3.14 se muestran las pérdidas de este producto.

Tabla No. 3.14. Resumen de las pérdidas de azufre por manipulación de los operarios.

Producto	Derrame al alimentar el quemador	Derrame (día)	Derrame (año)	Valor CUP
Azufre sólido (kg)	0,2	0,6	140,4	62,89

Fuente: Balance de materiales.

Como se puede observar en un año se derraman en el suelo 140,4 kg de azufre sólido para un valor de 62,89 CUP, este producto al mezclarse con el agua que sale para refrescar los gases en el quemador mencionada en el problema No 2, se vierte en los residuales de la fábrica, provocando impactos ambientales en el área de trabajo como corrosión de estructuras metálicas y erosión de los pisos por la acción de este ácido, así como la contaminación de estas aguas.

❖ **Concentración de agua sulfurosa ppm en las torres.**

El control de este proceso se realiza mediante la determinación del análisis de la variable del contenido de SO<sub>2</sub> en el agua sulfurosa. El contenido según la norma (NEIAL 2306.19) debe estar entre 1 500 y 2 000 ppm con un valor medio de 1 750 ppm.

Para el análisis del proceso se tomaron los valores de las variables de los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2010 en la tabla 1 (Anexo 20) se relacionan los valores medidos por los técnicos de laboratorio de la fábrica. Para determinación de los valores estadísticos se aplicó el STATGRAPHICS Centurión XVI análisis de una variable. Del resumen estadístico se obtiene:

$$\eta = 618$$

$$\bar{X} = 1\ 563,37 \text{ ppm} \quad \bar{X} = 1750 - 1563,38 = 187 \text{ ppm}$$

$$\text{Desviación estándar } \sigma = 437,10 \text{ ppm}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 27,95 \%$$

$$\text{Valor mínimo} = 75,60 \text{ ppm}$$

$$\text{Valor máximo} = 3\ 090,9 \text{ ppm}$$

$$\text{Rango} = 3\ 015,3 \text{ ppm}$$

En el gráfico 3.4 se muestra el comportamiento de la concentración de SO<sub>2</sub> en el agua sulfurosa de la torre de absorción No 1.

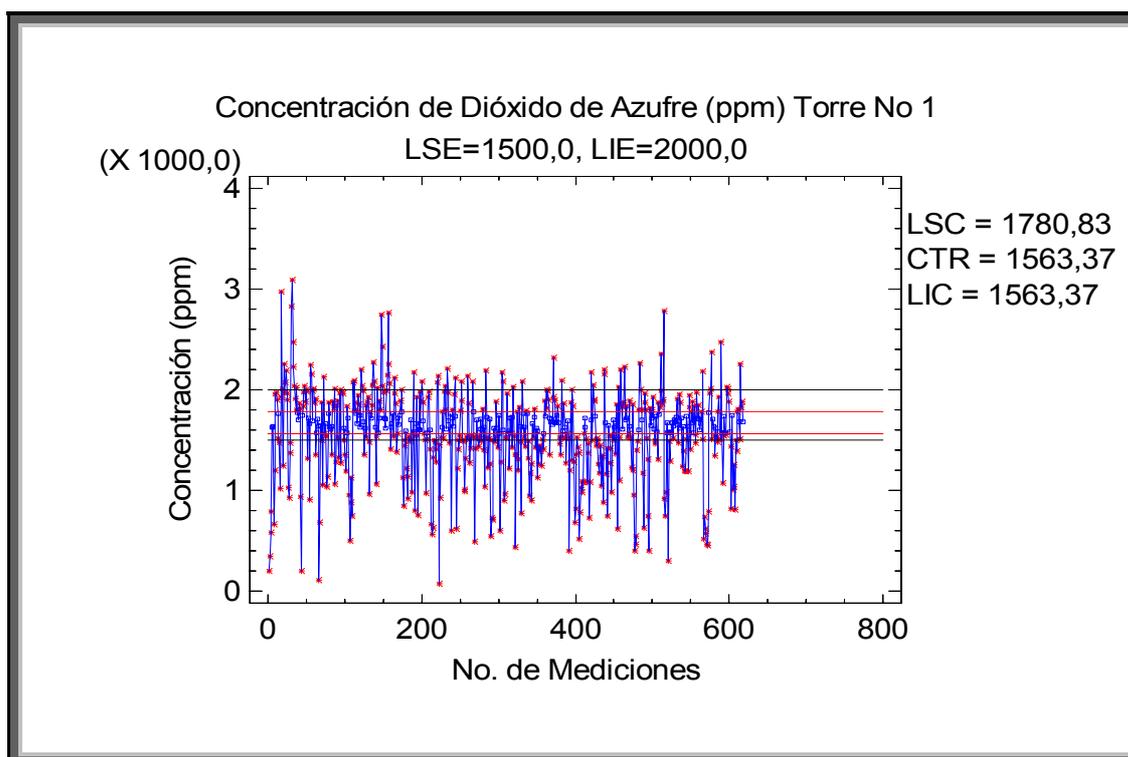


Gráfico 3.4. Comportamiento de la concentración de agua sulfurosa en la Torre No. 1.  
 Fuente: Empresa de Glucosa Cienfuegos.

Se puede observar en los datos estadísticos, que el valor medio real es de 1 563 ppm y está por debajo del normado 1 750 ppm, esto puede afectar la maceración del maíz, pero se envió menos SO<sub>2</sub> como contaminante a la bahía.

Para analizar la estabilidad del proceso como se observa en el gráfico de aceptación es baja, con 11,1 % de los valores por encima de 2 000 ppm y con 33,3 % de los valores por debajo de 1 500 ppm, o sea que la estabilidad del proceso para la Torre No 1 es de 55,5 % (que es la cantidad de valores en rango normado, entre el total de puntos analizados).

En el gráfico 3.5 se muestra el comportamiento de la concentración de SO<sub>2</sub> en el agua sulfurosa de la torre de absorción No 2.

$$\eta = 145$$

$$\bar{X} = 554,67 \quad \bar{X} = 800 - 554,67 = 246 \text{ ppm}$$

$$\text{Desviación estándar } \sigma = 332,9 \text{ ppm}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 60,03 \%$$

$$\text{Valor mínimo} = 141,82 \text{ ppm}$$

$$\text{Valor máximo} = 2030,3 \text{ ppm}$$

$$\text{Rango} = 1888,48 \text{ ppm}$$

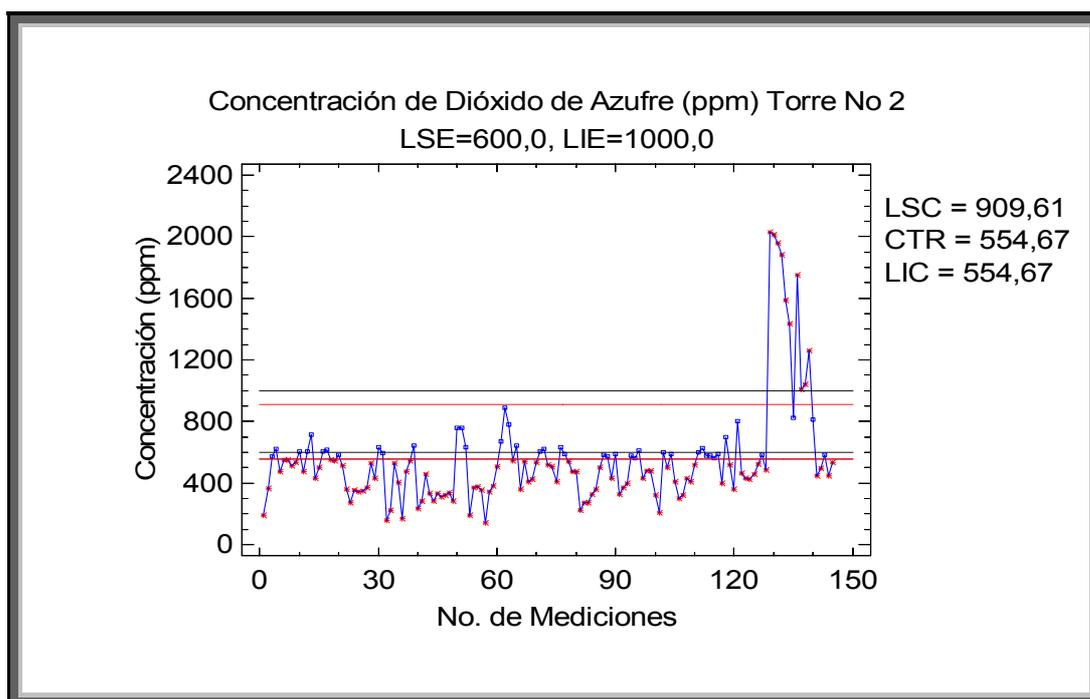


Gráfico 3.5. Comportamiento de la concentración de agua sulfurosa en la Torre No. 2. Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Se puede observar en los datos estadísticos, que el valor medio real es de 554,67 ppm y está por debajo del normado 800 ppm, esto puede afectar la etapa de lavado de germen.

Para analizar la estabilidad del proceso como se observa en el gráfico de aceptación es baja, con 6,8 % de los valores por encima de 1 000 ppm y con 75,1 % de los valores por debajo de 600 ppm, o sea que la estabilidad del proceso para la Torre No 2 es de 17,9 % (que es la cantidad de valores en rango normado, entre el total de puntos analizados).

#### **Problema 4. Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.**

En el área de recepción, el maíz es pesado en una báscula, para ser transportado a los silos de almacenaje y posteriormente al área de limpieza, por mal estado de estos equipos (transportadores de cangilones, horizontales y verticales, zarandas y tamices, hay gran derrame de este producto en los pisos, además de polvo el cual se disemina por toda el área, solo se cuenta con un filtro polvo el mismo fue reparado y uno esta fuera de servicio, en esta sección hay una deficiente limpieza. Una vez limpio el maíz es transportado a los tanques de maceración.

#### **❖ Recolección de datos.**

Los datos que mostramos a continuación se establecen considerando la cantidad de maíz que entro en la fábrica para ser limpiado en el año 2010 y las características que

debe tener la materia prima según norma de proceso tecnológico NEIAL 2306.19 año 1999.

Maíz limpio.

- Impurezas 2,5 % máximo.
- Maíz partido 6 %.
- Precio del maíz 344,485 CUP/ 1 000 kg de producto.

❖ **Derrame de maíz en el área.**

En la tabla 3.15 se muestran las pérdidas de maíz que ocurren en un año en esta etapa.

Tabla No. 3.15. Resumen de las perdidas en el área de limpieza.

Producto	Entrada 2010	Limpiado y macerado 2010	Dejado de procesar
Maíz kg	8 315 497	6 859 890	1 455 607

Fuente: Balance de materiales.

Como se puede observar se dejaron de procesar 1 455 607 kg de maíz con relación a la cantidad que entro en la fábrica en el 2010, en la tabla 3.16 se resumen las pérdidas considerando el porciento de impurezas y granos partidos que se acepta por la norma para el procesamiento del maíz a macerar:

Tabla No. 3.16. Resumen de las pérdidas de maíz.

Producto	Dejado de procesar	Impurezas 2,5 %	Granos partidos 6 %	Maíz derramado	Valor CUP
Maíz kg	1 455 607	36 390,17	457 326	961 890,83	331 356,9

Fuente: Balance de materiales.

Como se puede observar se derraman en el suelo de la fábrica por deterioro de los transportadores y salideros, 961 890,83 kg de maíz en el año para un valor de 331 356,9 CUP los granos partidos se reutilizan en la fabricación de pienso para consumo animal, las demás impurezas como polvos, tusas, piedras y palos se desechan como residuales sólidos.

**3.1.4. Estudio de factibilidad.**

❖ **Evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones de Producciones más Limpias.**

A partir del estudio de los cuatro problemas principales detectados en la sección de recepción, limpieza y maceración de maíz, en la tabla 3.17 se relacionan por etapas las posibilidades de ahorro de materia prima, agua, así como el mejoramiento del impacto ambiental.

Tabla No. 3.17. Resumen de las potencialidades de ahorro.

Etapa	Problema Detectado	Potenciales de ahorro	Posible solución	Aspecto ambiental
Maceración de Maíz.	Se derraman 1699,2 m <sup>3</sup> licor de remojo / año.	Concentración del licor de remojo para ser vendido como alimento animal obteniendo una ganancia de 14 953,08 CUP. Enriquecer el forraje para la elaboración de pienso por un valor de 155 410,28 CUP y una ganancia de 88 544,78 CUP.	Recuperar el licor de remojo realizando una inversión en el área, para la utilización del evaporador existente de forma alternativa con las otras producciones que hoy se realizan en el mismo, recuperándose la inversión en 2 años.	Evitar derrame de producto con alta carga de contaminantes a la bahía. Estabilización del pH de salida de la planta de residuales a la bahía en su valor normado de 6 a 7 ya que actualmente tiene un valor medio real de 4,74 no cumpliendo con los parámetros de la norma (NEIAL 2306.17).
Obtención de agua sulfurosa.	Se derraman 1010,8 m <sup>3</sup> de agua en un año por un valor de 303,24 CUP.	Disminución de consumo de agua al recircular la misma, evitando su derrame a los residuales de la fábrica, por un valor de 303,24 CUP/ m <sup>3</sup> al año.	Implementar la construcción de un sistema de bombeo para la recuperación del agua con dos tanques uno recolector y otro receptor y distribuidor. Aunque esta inversión no es atractiva económicamente y no se recupera la inversión si tiene incidencia en la disminución del impacto ambiental, evitando un derrame de agua, la cual se puede utilizar en el proceso.	Evitar el derrame de agua la cual se mezcla con el azufre derramado formando ácido sulfuroso, además de olores y gases tóxicos de SO <sub>2</sub> en área.

<b>Etapa</b>	<b>Problema Detectado</b>	<b>Potenciales de ahorro</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Aspecto ambiental</b>
Obtención de agua sulfurosa.	Se liberan 54 784,15 kg SO <sub>2</sub> en un año a la atmósfera.	Colocar una balanza para estabilizar las pesadas de azufre al quemador.	Gestión para la implementación de la balanza y establecimiento de buenas prácticas del personal en el proceso. Capacitación al personal en materia de Producciones más Limpias.	Contaminación atmosférica por malos olores, gases tóxicos que afecta la salud de los trabajadores y personal que vive en las cercanías de la fábrica.
	Eficiencia del SO <sub>2</sub> (g) consumido es de 0,17 %.			
	Se derraman en el suelo 140,4 kg de azufre sólido para un valor de 62,89 CUP.			
	El valor medio de la concentración de las ppm en la Torre 1 es de 1 563 y la estabilidad del proceso es de 55,5 %.			
	El valor medio de la concentración de las ppm en la Torre 2 es de 554,67 y la estabilidad del proceso es de 17,9 %.			
Recepción y limpieza.	Se derraman 961 890,83 kg de maíz para un valor de 331 356,9 CUP.	Reparación y mantenimiento de los transportadores de la fábrica.	Capacitación al personal en materia de Producciones más Limpias.	Contaminación de desechos sólidos y polvo en las áreas de trabajo de fábrica.

### 3.1.5. Fase de implementación.

Luego de determinada los problemas ambientales descritos por las diferentes etapas objeto de estudio de este trabajo se recomienda un plan de acción de Producciones más Limpias encaminado a mejorar los impactos ambientales y por consiguiente ahorro de materia prima, agua y energía. En la tabla 3.18 se relaciona el plan de mejora a cumplimentar por la dirección del centro.

Tabla No. 3.18. Plan de mejora de Producción más Limpia.

<b>Plan de medida</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
1. Garantizar la capacitación de los operarios en sus puestos de trabajo.	Jefe de Recursos Humanos.	Permanente.
2. Capacitar a todo el personal operarios, especialistas y directivos en materia de Producciones más Limpias.	Especialista de medio ambiente.	Inmediato.
3. Cumplir con los planes de mantenimiento programados.	Jefe de Mantenimiento.	Según programa.
4. Instalar medidores de consumo de agua, energía eléctrica y de vapor por área de trabajo.	Especialista Energético.	30-6-2012.
5. Disponer en el área de trabajo de las materias primas necesarias para garantizar la producción diaria.	Jefe de Producción.	Inmediato.
6. Colocar una báscula para pesar el azufre sólido que se alimenta el quemador.	Jefe de Producción.	Inmediato.
7. Valorar las inversiones propuestas para su implantación en el menor tiempo posible.	Directivos de la Empresa.	Inmediato.

## Conclusiones Parciales.

1. Se concluyo que en la etapa de planeación y organización, existe un compromiso de la dirección y los empleados, así como del equipo auditor para aplicar técnicas de Producciones más Limpias mejorando el desempeño ambiental de la fábrica.
2. Un análisis de identificación y caracterización de las materias primas del proceso estudiado concluyó que el maíz no tiene índice de consumo y se consume todo que entra a la fábrica para sus producciones, el consumo de azufre esta por debajo del índice de consumo 5,5 kg/t maíz limpio y su pureza es de 98,77 % lo cual cumple con las especificaciones de calidad de su norma.
3. Un análisis los consumos de agua de la fábrica se evidencia que la misma carece de metros contadores por lo que no se puede determinar los gastos de estos portadores, no obstante se calculo que hay pérdidas de agua por el valor de 779,85 CUP.
4. Un análisis los consumos energía de la fábrica se evidencia que la misma carece de metros contadores por lo que no se puede determinar los gastos de estos portadores, no obstante se determino el consumo de este indicador a través de los equipos instalados siendo la etapa más consumidora la de maceración seguida de la de limpieza y evaporación.
5. El equipo auditor de Producciones más Limpias identificaron los 10 obstáculos para introducir un programa, en el proceso estudiado y propusieron soluciones a los mismos, destacándose como los fundamentales capacitación al equipo y personal sobre Producciones más Limpias, brindar información sobre los problemas ambientales existentes a directivos y trabajadores, búsqueda de documentación actualizada en centros especializados, cumplir el plan de mantenimiento y reparaciones, no efectuar estos solo por roturas y mejorar la gestión de los recursos materiales, gestionar con las empresas competentes para la instalación de metros contadores para agua y electricidad, caracterizar sistemáticamente los residuales de la planta.
6. Mediante análisis a través de tormenta de ideas los expertos seleccionaron las 8 principales causas, de las 17 malas práctica observadas en el recorrido por la planta, identificando la importancia de dichos problemas siendo las 4 principales:
  - Derrame de licor de remojo a residuales.
  - Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.
  - Desprendimiento de SO<sub>2</sub> (g).de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.

- Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.
7. Una evaluación preliminar a los 4 principales problemas ambientales detectado por el criterio de expertos evidencia:
- Que se derraman 1 699,2 m<sup>3</sup> de licor de remojo/ año con una cantidad de 1 588,7 m<sup>3</sup> de agua contenida en este licor, lo cual representa un valor de 476,61 CUP/ m<sup>3</sup>, a los residuales de la fábrica por lo que el pH a la entrada y salida de la planta de residuales es ácido, lo que ocasiona numerosos impactos ambientales en zonas aledañas a la instalación y la bahía cienfueguera.
  - Se derraman 1 010,8 m<sup>3</sup> de agua por un valor de 303,24 CUP al año, en la cascada de quemador de azufre la cual es utilizada para refrescar los gases durante la combustión.
  - Para la obtención del agua sulfurosa en las torres de absorción se liberan 54 784,15 kg SO<sub>2 (g)</sub> en un año a la atmósfera por la torre 2, por lo que la eficiencia del SO<sub>2 (g)</sub> consumido es de 0,17 %. El valor medio de la concentración de las ppm en la Torre 1 es de 1 563 y la estabilidad del proceso es de 55,5 %, el valor medio de la concentración de las ppm en la Torre 2 es de 554,67 y la estabilidad del proceso es de 17,9 %, también en esta área se derraman en el suelo 140,4 kg de azufre sólido para un valor de 62,89 CUP, lo cual provoca numerosos impactos ambientales, así como contaminación por olores tóxicos que afectan la salud de los trabajadores.
  - Se derraman 961 890,83 kg de maíz para un valor de 331 356,9 CUP en el área de recepción y limpieza, los mismo son reutilizado en la fabricación de pienso, aunque provocan impactos ambientales tales como polvo y desechos sólidos.
8. Un resumen de los potenciales al aplicar técnicas de Producciones más Limpias en el proceso estudiado demuestran las posibilidades de ahorro en:
- Concentración del licor de remojo para ser vendido como alimento animal obteniendo una ganancia de 14 953,08 CUP o enriquecer el forraje para la elaboración de pienso por un valor de 155 410,28 CUP y una ganancia de 88 544,78 CUP.
  - Disminución de consumo de agua al recircular la misma, evitando su derrame a los residuales de la fábrica, por un valor de 303,24 CUP/ m<sup>3</sup> al año.

- Colocar una balanza para estabilizar las pesadas de azufre al quemador, evitando así la inestabilidad del proceso y ahorrando un valor de 62,89 CUP por kg de azufre.

9. Un análisis técnico económico demostró:

- Recuperar el licor de remojo realizando una inversión en el área, para la utilización del evaporador existente de forma alternativa con las otras producciones que hoy se realizan en el mismo, recuperándose la inversión en 2 años.
- Implementar la construcción de un sistema de bombeo para la recuperación del agua que se derrama en el área del quemador de azufre, aunque esta inversión no es atractiva económicamente y no se recupera la inversión si tiene incidencia en la disminución del impacto ambiental, evitando la pérdida de agua, la cual se puede utilizar en el proceso.

10. Se propone en el cuerpo del trabajo un plan de mejoras con el objetivo de minimizar los impactos ambientales que se generan en el proceso productivo.

## Conclusiones generales

1. Se demuestra mediante un estudio bibliográfico realizado, las posibilidades de aplicar técnicas de Producción más Limpia con ventajas económicas y ambientales en industrias alimenticias similares a la fábrica objeto de estudio especialmente en las operaciones unitarias de recepción, limpieza y maceración de maíz.
2. Se propone una metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias, basada en la propuesta por el ONUDI/PNUMA, y adaptada al proceso productivo de recepción, limpieza y maceración de maíz de la Empresa Glucosa Cienfuegos, la cual reúne los requisitos generales y específicos necesarios para su aplicación.
3. Un análisis de materias primas, agua y energía determino que el maíz no tiene índice de consumo, el consumo de azufre esta por debajo del índice de consumo 5,5 kg/t maíz limpio y su pureza es de 98,77 %, no existen metros contadores para medir el gasto de agua y electricidad por etapas, no obstante se calculo que hay pérdidas de agua por el valor de 779,85 CUP y el consumo de electricidad de los equipos instalados en la sección objeto de estudio es de 168,7 kW/h siendo la etapa mas consumidora la de maceración seguida de la de limpieza y evaporación.
4. Los expertos identificaron en el área objeto de estudio 17 malas prácticas, siendo las 8 principales:
  - Derrame de licor de remojo a residuales.
  - Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador.
  - Desprendimiento de  $\text{SO}_2$  (g).de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.
  - Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.
  - Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento.
  - Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación.
  - Flotante de los tanques en mal estado.
  - Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado.

5. Una evaluación preliminar de los 4 principales problemas ambientales detectado por el criterio de expertos evidencia: la pérdida de 961 890,83 kg de maíz para un valor de 331 356,9 CUP en el área de recepción y limpieza, los mismo son reutilizado en la fabricación de pienso, 2 599,5 m<sup>3</sup> de agua, lo cual representa un valor de 779,85 CUP/ m<sup>3</sup>.
6. Se demuestran la existencia de los siguientes potenciales al aplicar técnicas de Producciones más Limpias en el proceso estudiado, mostrando las posibilidades de ahorrar en:
  - Concentración del licor de remojo para ser vendido como alimento animal obteniendo una ganancia de 14 953,08 CUP o enriquecer el forraje para la elaboración de pienso por un valor de 155 410,28 CUP y una ganancia de 88 544,78 CUP.
  - Disminución de consumo de agua al recircular la misma, evitando su derrame a los residuales de la fábrica, por un valor de 303,24 CUP/ m<sup>3</sup> al año.
  - Colocar una balanza para estabilizar las pesadas de azufre al quemador, evitando así la inestabilidad del proceso y ahorrando un valor de 62,89 CUP por kg de azufre y por consiguiente los impactos ambientales de esta área.
7. Se propone la valoración económica a 2 procesos de Producciones más Limpias demostrándose su efectividad técnica económica en la recuperación del licor de remojo realizando una inversión en el área, recuperándose la misma en 2 años, así como implementar la construcción de un sistema de bombeo para la recuperación del agua que se derrama en el área del quemador de azufre, aunque esta inversión no es atractiva económicamente y no se recupera si tiene incidencia en la disminución del impacto ambiental.
8. Se propone a la dirección de la empresa y equipo de producciones más Limpias un plan de mejoras con el objetivo de minimizar los impactos ambientales que se generan en el proceso productivo.

## **Recomendaciones.**

1. Proponer a la dirección de la empresa y organismo competente, las medidas de Producciones más Limpias analizadas a fin de introducirlas en el proceso estudiado.
2. Continuar este trabajo integrando el resto de las tesis de grado que se han realizado en la planta en general a fin de evaluar en su integralidad el proceso de producción de dicha fábrica.
3. Completar este estudio con una investigación de la eficiencia y eficacia de la planta de tratamiento de residuales de dicha empresa la cual es el complemento de dichos trabajos al tratar eficientemente los residuales que no se puedan minimizar.
4. Socializar este trabajo a través de publicaciones y eventos científicos de manera que cumpla con los objetivos académicos e investigativos de esta maestría.
5. Generalizar este estudio a procesos de la industria alimenticia similares a la fábrica objeto de estudio.

## Bibliografía

- Acuña Verrugio, Sebastián. (2010). El Maíz y su transformación en Harina. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos16/maiz-harina/maiz-harina.shtml> pág. 1-11.
- Agencia de Medio Ambiente. (1998). Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante. CIGEA pág. 1.
- ALFA-LAVAR. (1980). *Expediente técnico de la Empresa Glucosa Cienfuegos Elaborado*. Expediente Técnico, Suecia pág. 1-30.
- Argentina. Ministerio de Salud y Ambiente de Nación. (2009). Indicadores Ambientales. Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible Indicadores de seguimiento. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado a partir de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/>
- Bifani, P. (1993). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. España: Ed. Madrid.
- Brown, P. (1998). *Climate, Biodiversity and Forest*. Estados Unidos: Climate, Biodiversity and Forest.
- Cabrera Mendoza Rosario. (2010). Manual de Calidad. Empresa Glucosa Cienfuegos pág.1.
- Caraballo Maqueira Leonel. (2002). La presencia de la concepción de producción más limpia en la legislación ambiental cubana pág. 1-4.
- Caro Nodarse, Mercedes. (2009). Einstein's del siglo XXI. Empresa Glucosa Cienfuegos. Recuperado a partir de [www.5septiembre.cu/.../5434-empresa-glucosa-cienfuegos-geinsteinsq-del-siglo-xxi](http://www.5septiembre.cu/.../5434-empresa-glucosa-cienfuegos-geinsteinsq-del-siglo-xxi) pág.1.
- Cascio, J. (1996). Guía ISO 14001: Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental. Ed. McGraw-Hill. México.
- Castillo, J. (2004). Uso de Tecnologías Limpias: Experiencias Prácticas en Chile. Recuperado a partir de <http://www.redpml.cu>
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2006). Guía técnica general de Producción Más Limpia. Bolivia. Recuperado a partir de <http://www.cpts.org/prodlimp/guias/GuiagraIPML/cap1.pdf>
- Colectivo de Autores. (1992). Plan de Acción de la Cumbre de la Tierra pág.1-2.
- Colectivo de Autores. (1999a, Junio). Producción Limpia y Diseño de Productos-Sistema Complejo y Política Ambiental de Productos. *Revista Universidad Eafit*, 26 - 28.

- Colectivo de Autores. (1999b). Programa de la Naciones Unidas para el medio ambiente . Producción más limpia. Un paquete de recursos para capacitación. Recuperado b a partir de <http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp00e.pdf>. pág. 1.
- Colectivo de Autores. (2001). Centro Mexicano Para La Producción Mas Limpia. Recuperado a partir de <http://www.cmpl.ipn.mx/>
- Colectivo de Autores. (2004). Manual de Introducción a las Producciones Más Limpias en la Industria. Centro Nacional de Producciones Más Limpias. Guía de producciones más limpias. INCONTEC pág. 6.
- Colectivo de Autores. (2007). Guía de buenas prácticas de gestión empresarial (BGE) para pequeñas y medianas empresas. Programa piloto para la promoción de la gestión ambiental en el sector privado en países en vías de desarrollo. Recuperado a partir de <http://www.gtz.de/en/dokumente/sp-sl-Competitividad-empresarial-larga.pdf>.
- Colectivo de Autores. (2009a). Azufre. Lenntech Agua residual & purificación del aire. Recuperado a partir de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/s.htm#ixzz0jIK9XrxQ>
- Colectivo de Autores. (2009b). El Maíz. El mundo de las plantas. Recuperado b a partir de [www.botanical-online.com](http://www.botanical-online.com).
- Colectivo de Autores. (2009c). Manual de Producción más Limpia Un Paquete de Recursos de Capacitación. Unidad de Industria y Medio Ambiente del PNUMA en Francia. Recuperado d a partir de <http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp03b.pdf>
- Colectivo de Autores. (2009d). Pollution Prevention Act of 1990. Senado de los Estados Unidos. Recuperado e a partir de <http://epw.senate.gov/PPA90.pdf>
- Colectivo de Autores. (2009e). Producciones más Limpias. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. Oficina Regional de América Latina y el Caribe. Recuperado f a partir de [http://www.pnuma.org/industria/produccion\\_limpia.php](http://www.pnuma.org/industria/produccion_limpia.php)
- Colectivo de Autores. (2009f). Subproductos de la industria de la molienda húmeda del Maíz. Recuperado a partir de <http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp?id=10751>
- Colectivo de Autores. (2009g). Una historia de Producción más Limpia. Cleaner Production International. Recuperado h a partir de <http://www.cleanerproduction.com/> pág. 11.
- Colectivo de Autores. (2010a). *Balance Económico de la Empresa Glucosa Cienfuegos*. Empresa Glucosa Cienfuegos pág. 1-15.

- Colectivo de Autores. (2010b). El dióxido de azufre. Recuperado b a partir de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ha6GIItxsh0J:es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_azufre+anhidrido+sulfuroso+formula+quimica&cd=4&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ha6GIItxsh0J:es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_azufre+anhidrido+sulfuroso+formula+quimica&cd=4&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com) pág. 1-5.
- Colectivo de Autores. (2010c). El Maíz. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos/elmaiz/elmaiz.shtml>
- Colectivo de Autores. (2010d). El maíz y sus tipos de cultivos. Recuperado d a partir de <http://web.educastur.princast.es/proyectos/grupotecne/asp1/investigacion/vermensajeebbb.asp?idmensaje=1542>.
- Colectivo de Autores. (2010e). Producciones más limpias conceptos y antecedentes .Programa Buenos Aires produce más limpio. Recuperado e a partir de [http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/medambiente/apra/dessust/archivos/prodlimpia/guia/2\\_produccionmaslimpia\\_capitulo01.pdf](http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/medambiente/apra/dessust/archivos/prodlimpia/guia/2_produccionmaslimpia_capitulo01.pdf) pág. 1-6.
- Colectivo de Autores. (2010f). Tecnologías del trigo, maíz. Recuperado f a partir de <http://www.herbario.com.br/cie/universi/teoriacont/1003amid.htm> pág. 1-15.
- Colectivo de Autores. (2011a). Anhídrido sulfúrico y ácido sulfúrico (Sulfur Trioxide and Sulfuric Acid). Agency for Toxic Substances and Disease. Recuperado a partir de . [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs117.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs117.html)
- Colectivo de Autores. (2011b). Gestión ambiental y sostenibilidad. Producciones limpias y estrategia ambiental en la empresa CUPET. CUPET. Las Tunas.
- Colectivo de Autores. (2011c). Implementación de las tecnologías para Producciones Más Limpias. Recuperado c a partir de <http://www.monografias.com/trabajos87/implementacion-tecnologias-producciones-mas-limpias/implementacion-tecnologias-producciones-mas-limpias.shtml>
- Colectivo de Autores. (2011d). Producciones limpias y estrategia ambiental en la empresa CUPET. Universidad de las Tunas.
- CONAM. (2003). *Guía de implementación de Producciones más Limpia*. Lima: Centro de Eficiencia Tecnológica pág.5.
- Cuba. Comité Estatal de Normalización. (1999). *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres DE TRATAMIENTO. PROCESO TECNOLÓGICO y al alcantarillado. Especificaciones* pág. 1-3.
- Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (1998). Elementos Metodológicos Para La Introducción De Prácticas De Producción más Limpia. Alternativas Para El Aprovechamiento Económico De Residuales. Centro de información, divulgación y educación ambiental pág. 1-48.

- Cuba. Ministerio de la Azúcar. (2010). Estrategia de la Empresa glucosa. MINAZ pág. 1.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London: Chapman y Hall.
- Empresa Glucosa Cienfuegos. (1999). *Industria Confitera Molinera. Aguas Residuales. Sistema*.
- Empresa Glucosa Cienfuegos. (2011). Estrategia ambiental de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Empresa Glucosa Cienfuegos.
- FAO. (2008). FAO: producción mundial del maíz en 2006. FAO. Recuperado a partir de [http://es.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays](http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays)
- Gimenez Jerogina, Marcela. (2010). Molienda de Maíz. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos35/molienda-maiz/molienda-maiz.shtml> pág. 1-8.
- González Rodríguez María de Fátima. (2010). Elaboración de Jarabes de Fructuosa a partir de variedades de sorgo. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of natural Water*. Washington: USGS.
- Industria Confitera. Planta de Almidón. Proceso Tecnológico*. (1999) pág.1-7.
- International Resources Group (IRG), & Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras. (2008). Guía de producción más limpia. Cultivo y procesamiento de tilapia. Recuperado a partir de [http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/guia\\_de\\_pl\\_de\\_tilapia\\_22\\_08\\_08.pdf](http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/guia_de_pl_de_tilapia_22_08_08.pdf)
- Lewis Sturtevant, E. (1994). Sources. Bulletin of the Torrey Botanical Club. Recuperado a partir de [http://es.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays](http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays)
- Lezcano Elizabeth P. (2010). Análisis de producto Cereales para el desayuno. Alimentos Argentinos – MinAgri. Recuperado a partir de [www.alimentosargentinos.gob.ar](http://www.alimentosargentinos.gob.ar).
- Martínez, J. (2005). Guía para la gestión integral de residuos peligrosos. Montevideo pág. 5.
- Masera D. (2004). La Producción más Limpia y el Consumo Sustentable en América Latina y el Caribe.pdf. Oficina Regional para América latina y el Caribe pág. 6-10.
- Moreno Linares C. (2009). Implementación de las tecnologías para Producciones Más Limpia, monografía. Universidad de Pinar del Río pág. 1-6.
- Naumann, E. (1931). *Limnologische terminologie*. Berlín: Urban & Schwarzenberg.

- Ochoa, G. (2007). *Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial. Universidad de Cienfuegos*. La Habana: Editorial Félix Varela Universo Sur pág. 1-10.
- Orces, Eduardo. (2004). Aplicación de la metodología de Producciones más Limpias en una Empresa Alimenticia. *Revista Tecnológica*, 17(1), 105 pág. 1-13.
- Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial. (1999). Manual de producción más limpia. Recuperado a partir de 1. [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/C\\_P\\_ToolKit\\_spanish/PR-Introduction/Toolkit.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/C_P_ToolKit_spanish/PR-Introduction/Toolkit.pdf)
- Peters, Max S. (2002). *Plant Design and economies for chemical engineers*. Estados Unidos: Mc Graw-Hill Chemical Engineering.
- Restrepo Gallego, Mauricio. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Revista Producciones más Limpias*, 1(1).
- Richart, Enrique. (2005). Los problemas ambientales del Siglo XXI o la historia ecológica y económica. Escuela militar de Ingeniería- La Paz , Bolivia.
- Rigola, Miguel. (1998). *Producción más limpia*. Barcelona: Rubes Editorial pág. 61-75.
- Rivera, A. (2002). *Producción Más Limpia en Cervecería Tílima* (Informe técnico IIIA 503 002 03). Camaguey: Cervecería Tílima pág. 3.
- Roquette, Frères. (2003). Composición nitrogenada resultante de la hidrólisis del gluten de trigo y su procedimiento de fabricación. Madrid pág. 1-16.
- Rosemberg, Adrián Alberto. (2010). Gestión Ambiental. ¿Qué es la Producción más Limpia? Recuperado a partir de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=1224>.
- Sanguinetti Rennessen , Augusto. (2010). Programa Maíz y Soja de Alto Valor Monsanto. Usos Alternativos del Maíz.
- Schlicher. Martha. (2009). Rendimiento: Generado Alternativas verdes a del Maíz. Monsanto Company.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2009). Antecedentes de Dirección de Producción Limpia y Consumo Sustentable. Recuperado a partir de <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=13>
- Seisdedo, M., Seisdedo, A., & Arencibia, G. (2008). Uso de un Índice de Calidad de las aguas para la evaluación ambiental de la bahía de Cienfuegos. *Rev. Cubana de Investigación. Pesquera*, 25(1), 58 – 60.
- Serrano Méndez In, Juana Herminia. (2006). *Protección Ambiental y producción más limpia. Hacia un consumo sustentable*. . (Vol. 1). La Habana: Editorial Academia.

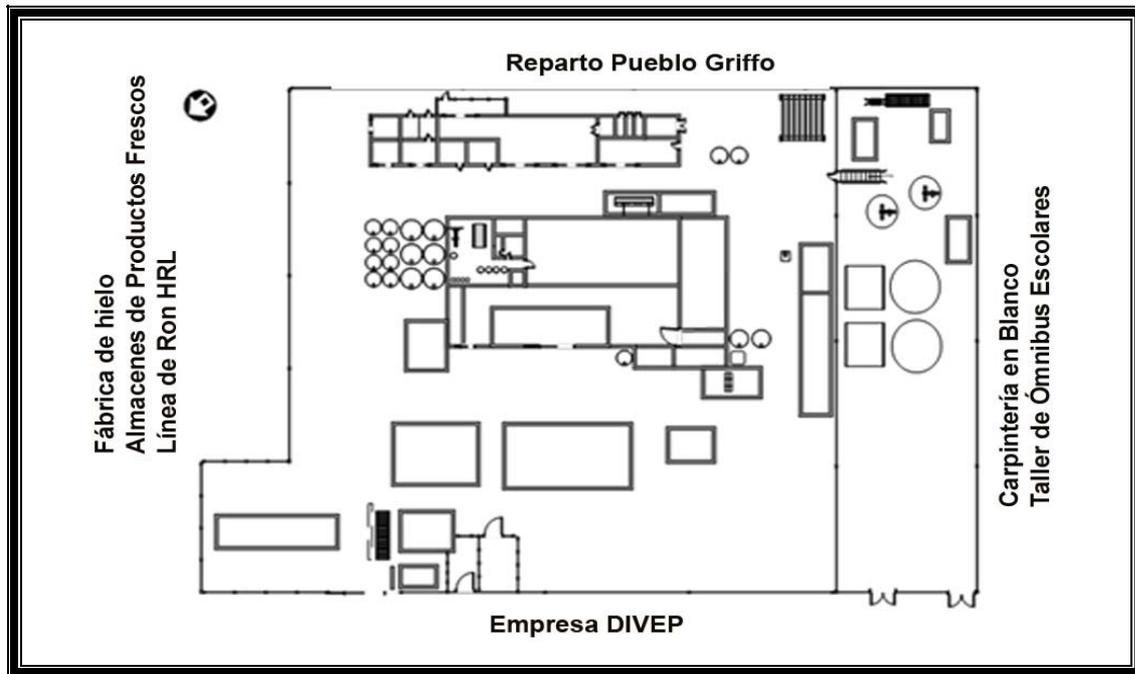
Serrano Méndez, Juana Herminia. (2006). *Protección Ambiental y producción más limpia. Hacia un consumo sustentable*. (Vol. 2). La Habana: Editorial Academia pág. 1-16.

STENIM. (2010). Manual de Producción más Limpia. Recuperado a partir de [www.stenum.at](http://www.stenum.at)

Unión Europea. (2005). Guía Buenas Prácticas Medioambientales en el Sector Lácteo. Unión Europea.

Anexo 1.

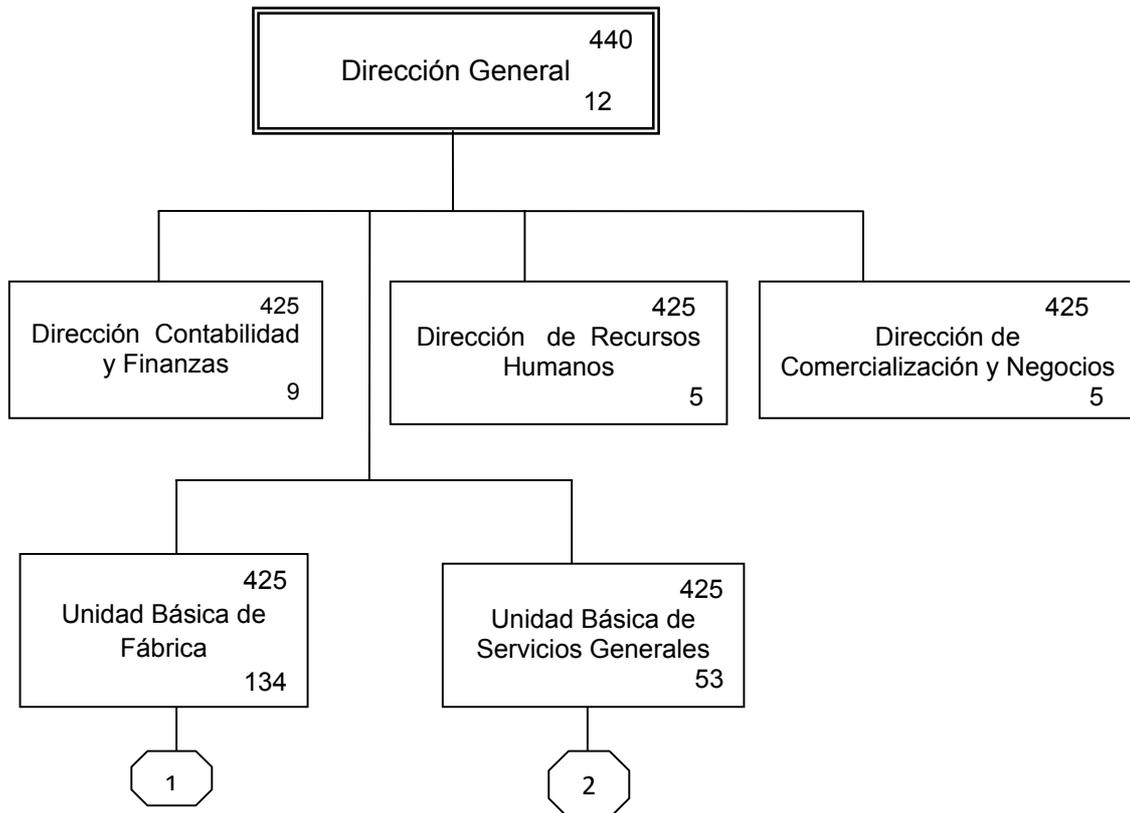
Figura No. 1. Croquis General de la Empresa Glucosa Cienfuegos.



Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

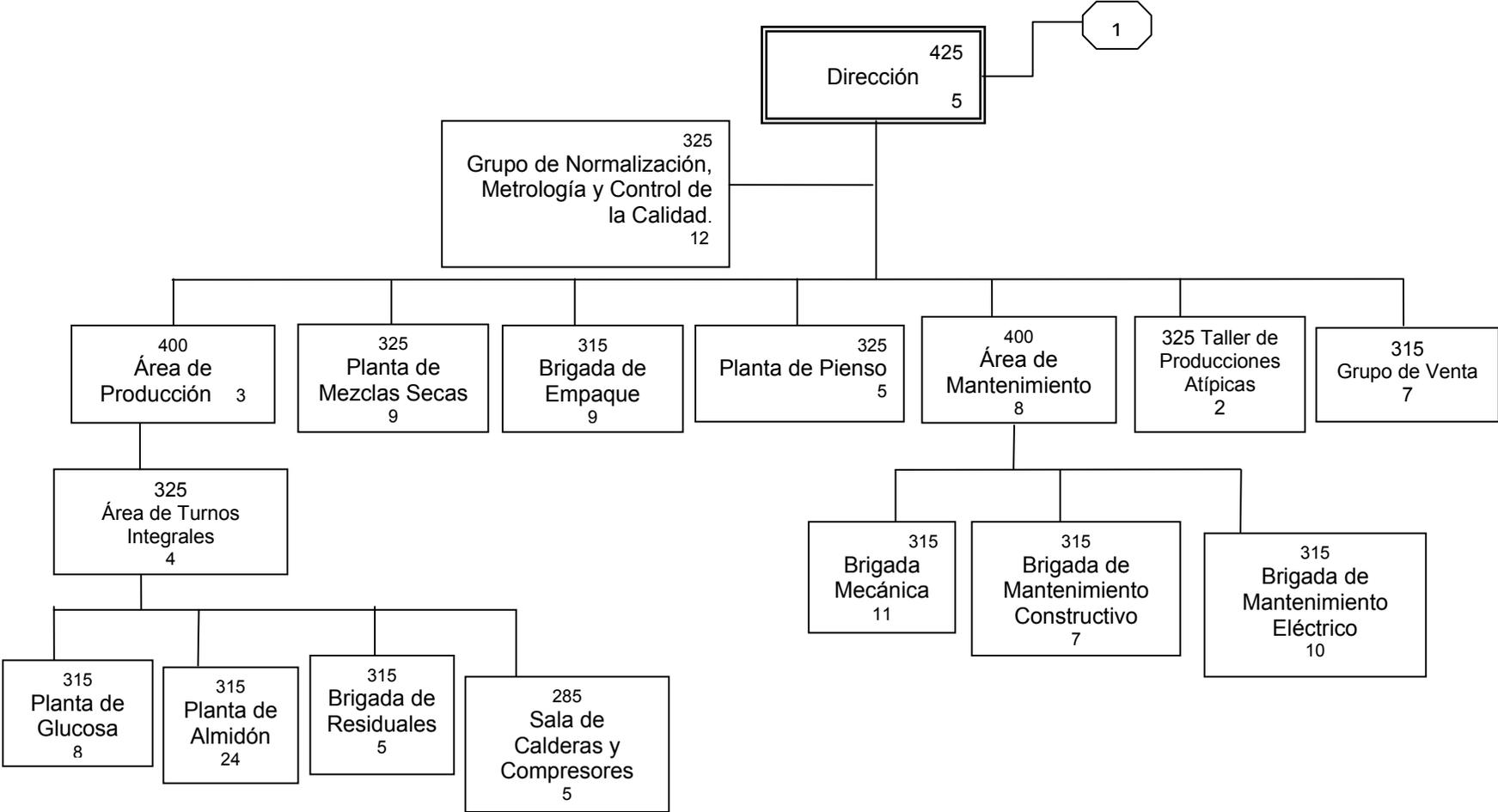
Anexo 2.

Figura No. 1. Estructura organizativa de la Empresa Glucosa Cienfuegos.



Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Figura No 2. Estructura organizativa de la Unidad de Base de Fábrica



Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

### Anexo 3.

#### Cuadro No. 1. Lista de preguntas y observaciones a realizar en el recorrido de planta.

##### **Piso de trabajo.**

- ¿El suelo está sucio o roto?
- ¿Los obreros pueden mover fácilmente sobre él? ¿Hay amontonamiento innecesario de nuevos materiales y acciones?
- Es el esquema óptimo; ¿es decir el flujo de trabajo puede mejorarse para minimizar el movimiento de materiales y el tiempo durante los recorridos de trabajo?

##### **Áreas de almacenamiento.**

- Es el sistema del almacenamiento FIFO (es decir: primero que entra, primero que sale; las materias primas se utilizan basándose en la fecha de compra, dando preferencia a los inventarios más viejos) o LIFO (último que entra, primero que sale; ¿la materia prima fresca es utilizada primero, mientras los inventarios más viejos siguen sin utilizarse)?
- ¿Cómo se reciben las materias primas que hay que verificar por la calidad?
- ¿Hay casos frecuentes de recibir materias primas que no reúnen las especificaciones requeridas? ¿Qué pasa con los desechos?

##### **Equipos y procesos.**

- ¿El proceso se opera según las Normas Prácticas de Operación suministradas por el proveedor del equipo/tecnología? ¿Cuáles son las razones si hay cualquier variación?
- ¿Los mantenimientos de equipos se realizan regularmente? ¿Cuáles son las eficiencias de operación del equipo? ¿Se registran averías de las máquinas o los problemas y sus causas se corrigen regularmente?
- ¿Se realiza aseguramiento de la calidad o control de calidad para los productos acabados e intermedios? ¿Cuan frecuentemente? ¿Cuáles son los resultados actuales?

##### **Las calderas y el sistema de distribución de vapor.**

- ¿Hay fugas por las juntas, uniones, válvulas o válvulas de seguridad?
- ¿Se retorna el condensado con la máxima extensión posible?
- ¿Están aisladas las líneas de condensado y los tanques de alimentación?
- ¿Se usan trampas de vapor del tipo correcto para cada proceso?
- ¿Qué combustible se usa? ¿Es de una calidad y composición consistente?
- ¿Cuál es la fuente de agua? ¿El agua cruda se trata antes del uso?
- ¿Cuál es el tipo de calderas (por ejemplo el solo paso / el paso doble, etc.)?
- ¿Cuál es la frecuencia del soplado de las calderas?

##### **Los desperdicios y emisiones.**

- ¿Los desperdicios son apropiadamente colectados, segregados y transportados?
- ¿La generación desperdicios es continua o discontinua?
- ¿Se realizan mediciones de los desperdicios y emisiones generados?
- ¿Forman parte de los desperdicios cualquier producto o materia prima valiosa?
- ¿Es posible rehusarlos o reciclarlos si se recuperan?

Anexo 4.

Acta de reunión efectuada para crear el equipo de Producciones más Limpias en la Empresa Glucosa Cienfuegos

 MINAZ	<b>EMPRESA DE GLUCOSA CIENTFUEGOS.</b>	Código: <b>DF/ P 16-01</b> Rev.: <b>00</b> Pág.: <b>105</b> De: <b>152</b>
--	--	--

Referencia: Reunión efectuada sobre tema Medio Ambiente.

Fecha: 24/9/10.

Hora: 2:00pm.

Lugar: Dirección de la Empresa.

Asistencia:

Ernesto Zayas. Jefe de Área Planta de Almidón

Amarilis Hernández. Jefa de Laboratorio

Fernando Cruz. Técnico Abastecimiento

Miguel A. Galván. Jefe de Almacén de Materias Primas

Rosario Cabrera. Especialista de Calidad

Carlos Enríquez. Jefe de Mantenimiento

Lourdes Escarrás. Especialista Metrología.

Juan Bueno. Jefe Área Caldera

Yissel I Domínguez. Asesor Jurídico

Liuba Kuan. Especialista de Ciencia y Técnica

Julia Ortega. Jefe Departamento Recursos Humanos

Idania Martínez. Energética

Johanka Moya. Especialista Investigación y Desarrollo

Martha B. García. Especialista en tecnología

Jaime García. Especialista de Mantenimiento

Se da comienzo a la reunión tomando la palabra el director explicando el porqué de la misma, habla sobre la necesidad de hacer algunos cambios en la empresa relacionado

todo con el tema medio ambiente, haciendo alusión que se conformara un grupo de trabajo para trabajar en tales fines. Derivándose los siguientes acuerdos.

Acuerdo #1 Crear un grupo de trabajo para el tema Medio Ambiente y Producción más Limpia.

Responsable/: Jurídica

Conformado por:

Representante: Rosario Cabrera.

Miembros: Amarilis Hernández, Johanka Moya, Martha B. García, Jaime García, Juan Bueno, Idania Martínez, Mabel Cuesta, Belkis García.

Acuerdo # 2 Traspasar la parte documental de los temas ambientales para el especialista de calidad.

Responsable/: Ernesto Zayas y Rosario.

Acuerdo # 3 Proyectar el sistema de trabajo, la metodología de este equipo.

Responsable/: Rosario, Zayas, Johanka, Amarilis.

Acuerdo # 4 Hacer levantamiento integral del área calderas, temas contra incendio.

Responsable/: Bueno, Idania, Lourdes, Pedroso, F/C: Hoy en la tarde.

Acuerdo # 5 Hacer un levantamiento general sobre la situación de residuales.

Responsable/: Carlos, Zallas, Liuba.

Acuerdo # 6 Presentación integral sobre el tema de residuales

Responsable/: Johanka, Joel Haro, Amarilis, Rosario, Yornoi, Carlos

Sin otro asunto que tratar se da por terminada la reunión.

Fecha Emisión: 24/09/10

Anexo 5.

Integrantes del Equipo de Producciones más Limpias de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

Tabla No 1. Integrantes del Equipo de Producciones más Limpias. Empresa Glucosa.

<b>Especialidad</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Años de Experiencia</b>
Asesor Jurídico	Lic. Yissell Domínguez Rodríguez	10
Especialista Financiero	Tec. Yaima Lima García	10
Especialista Tecnología	Ing. Martha Yáñez García	12
Jefe de Producción.	Tec. Rafael López Quiñones	30
Especialista Calidad.	Tec. Rosario Cabrera Alonso	21
Jefe de Laboratorio	Tec. Amarilis Hernández Hernández	20
Especialista de Mantenimiento	Ing. Jaime García Zamora	14
Jefe de Mantenimiento	Ing. Carlos Enrique Martínez	16
Especialista Investigación y Desarrollo	Ing. Johanka Moya Monteagudo	20
Gestor de Ventas.	Tec. Cecilia Arrechea Garrido	15
Especialista Compras	Ing. Juan Pablo Contreras	10
Especialista de Seguridad y salud	Tec. Blanca Saura López	15

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Anexo 6.

Tabla No 1. Pureza del azufre sólido utilizada para obtener agua sulfurosa.

Producto	Meses							Promedio
	Jun.	Jul.	Agost.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Azufre Sólido % Pureza	98	99,8	99	97,7	97,5	99,8	99,5	98,7

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

Anexo 7.

Determinación del número de expertos.

El número de expertos  $M$  se determina empleando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial  $M = p(1-p)^k / i^2$  donde  $i$  es el nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0.14 y 0.5,  $p$  es la proporción estimada del error y  $k$  una constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza ( $1-\alpha$ ) seleccionado.

Aplicando la ecuación  $M = p(1-p)^k / i^2$

Donde:  $p = 5\%$ ;  $i = 0,142$

Para  $90\%$   $k = 2,67$ .

$$M = \frac{0.05(1 - 0.05)^{2.67}}{0.142^2} = 8 \text{ expertos}$$

El número de expertos aplicando la ecuación:  $M = 8$

Tabla 1. Valores de  $k$ .

$1-\alpha$	$k$
99	6,65
95	3,84
90	2,67

Tomando como base para el cálculo un error del 10%, para un nivel de confianza del 90 % y el valor de  $i$  medio de 0.2 se calcula el número de expertos:

$M = 8$  expertos, es decir se requieren de 8 expertos para realizar el primer análisis para un 10% de error en la estimación.

Anexo 8

Tabla No.1. Datos generales de los especialistas seleccionados como expertos.

<b>Experto</b>	<b>Formación Técnica, académica y científica</b>	<b>Años de experiencia en la temática</b>	<b>% de dedicación dedicada al tema</b>
E1	Ingeniero - Maestrante	17	60
E2	Técnico mantenimiento	32	60
E3	Técnico alimentos	25	100
E4	Técnico alimentos	32	90
E5	Ingeniero - Máster	2	30
E6	Ingeniero - Maestrante	13	80
E7	Dr. C.T	2	10
E8	Dr. C.T	2	10

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos

Anexo 9.

En la tabla 1 se relaciona el cuestionario diseñado y aplicado a los expertos.

Estimado Experto.

La Dirección del Centro está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la secciones de almacenaje, limpieza y maceración de maíz los cuales afectan las aguas residuales ocasionando daños al ecosistema que rodea la fábrica, por lo que le pedimos responda a los aspectos que se presentan a continuación por orden de prioridad del 1 al 8. El de mayor importancia se marca con 1 y así sucesivamente hasta 8 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

Tabla No.1. El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

<b>Orden</b>	<b>Problemas identificados</b>	<b>Prioridad</b>
A	Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza	
B	Desprendimiento de SO <sub>2(g)</sub> de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre	
C	Derrame de licor de remojo a los residuales	
D	Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador	
E	Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación	
F	Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento	
G	Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado	
H	Flotante de los tanques en mal estado	

Anexo 10.

**EMPRESA DE GLUCOSA  
CIENFUEGOS  
ENCUESTA APLICADAS A LOS EXPERTOS**

26 de Febrero del 2012

Estimado Experto.

La Dirección de la Empresa está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la secciones de almacenaje, limpieza y maceración de maíz los cuales afectan las aguas residuales ocasionando daños al ecosistema que rodea la fábrica, por lo que le pedimos responda a los aspectos que se presentan a continuación por orden de prioridad del 1 al 8.

El de mayor importancia se marca con 1 y así sucesivamente hasta 8 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

<b>Orden</b>	<b>Problemas identificados</b>	<b>Prioridad</b>
A	Derrame de maíz, tusas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza	
B	Desprendimiento de SO <sub>2(g)</sub> .de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre	
C	Derrame de licor de remojo a los residuales	
D	Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador	
E	Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación	
F	Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento	
G	Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado	
H	Flotante de los tanques en mal estado	

Muchas gracias.

A. Derrame de maíz, tucas, polvo y maíz partido en el área de recepción y limpieza.

En el área de recepción, el maíz es pesado en una báscula, para ser transportado a los silos de almacenaje y posteriormente al área de limpieza, por mal estado de estos equipos (transportadores de cangilones, horizontales y verticales, zarandas y tamices, hay gran derrame de este producto en los pisos, además de polvo el cual se disemina por toda el área, solo se cuenta con un filtro polvo el mismo fue reparado y uno esta fuera de servicio, en esta sección hay un deficiente limpieza.

B. Desprendimiento de  $\text{SO}_{2(g)}$  de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre.

Al realizarse la combustión del azufre sólido, el cual entra en las torres de absorción para la obtención de agua sulfurosa, hay desprendimientos de gases en el quemador, por la juntas de las tuberías, así como por el tope de las torres estos vapores se encuentran diseminados por toda el área del cuarto provocando gran contaminación atmosférica los valores de los olores sobre pasa el umbral de olor 0,5 ppm (1  $\text{mg}/\text{m}^3$ )(es detectado por el olfato humano), para este producto ya que al entrar en el local puede producir tos, asfixia, y congestión bronquial.

C. Derrame de licor de remojo a residuales

Actualmente en la fábrica, la etapa de evaporación no se encuentra realizando sus funciones para lo que se diseño (concentración del agua generada en el proceso de maceración), por lo que la misma se vierte a los residuales. El producto final de esta etapa se utilizaba en dos variantes.

- Residuo de licor concentrado de 40 a 59 Bx se vendía como alimento animal.
- Residuo que va al secador de forraje se utilizaba para enriquecer el forraje que se empleaba en la fábrica de pienso.

En estos momentos la sección es utilizada en el procesamiento de VIMANG medicamento para consumo humano.

D. Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador

El quemador de azufre es un equipo que por su uso y tiempo de explotación se encuentra en el mal estado, presentado gran corrosión, este aparato presenta en la parte superior una tubería de la cual sale agua potable proveniente de los tanques de almacenamiento, utilizada para refrescar los gases durante la combustión del azufre sólido, al no contar con ningún recipiente el cual pueda recolectar esta agua, y recircularla es derramada a los residuales, desperdiciándose gran cantidad de la misma.

E. Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación

El maíz macerado, este es transportado por las tuberías o cangilones hacia el área de molinación, las válvulas de salida de los tanques de maceración están en mal estado provocando derrame de maíz en el piso, el mismo durante la limpieza de esta sección va a residuales.

F. Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento

La fábrica cuenta con un área denominada cuarto de azufre en la misma se encuentra el azufre sólido, el quemador de azufre, las dos torres de absorción y los tanques de almacenamiento de agua sulfurosa que va a la etapa de maceración.

El azufre se almacena en un tanque para el uso diario de la producción, este producto por su características se considera una sustancia toxica y explosiva, la misma se encuentra almacenada sin ninguna seguridad, la tapa del tanque en muchas ocasiones permanece abierta durante el turno de trabajo, lo que al estar en contacto con el aire puede reaccionar y desprender gases, la alimentación de este producto al quemador es manual, produciendo derrames de producto al suelo y en la bandeja de propio equipo, la materia prima derramada se mezclan con el agua y va a los residuales de la fábrica, produciendo contaminación a la bahía.

Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado

Existe las tuberías de la batería de tanques de maceración, grandes derrames de agua sulfurosa por las juntas de las mismas, esta agua se encuentra diseminada en el piso del área provocando deterioro de los pisos, los mismos están muy resbaladizos, los cuales pueden provocar accidentes por caída de los trabajadores, corrosión de las estructuras metalizas puestas en contacto con el ácido, además que esta agua durante la limpieza de los operarios va hacia los tragantes de los residuales.

G. Flotante de los tanques en mal estado.

Los flotantes de las cubas de almacenamiento, están en mal estado provocando salideros de este producto hacia los residuales de la fábrica, provocando el derrame de sustancia.

Anexo 11.

La concordancia de los expertos fue determinada por el Coeficiente de Concordancia de Kendall. Para el cálculo del Coeficiente de Concordancia de Kendall se confecciona una matriz con los criterios y la votación de los expertos, como se muestra en la tabla 1.

Tabla No. 1. Matriz con los datos de la desviación del valor medio.

No	Criterios	Expertos				A <sub>ij</sub>	Δ	Δ <sup>2</sup>
		1	2	3	M			
A	Desecho de azufre sólido en la bandeja de alimentación al quemador, así como en el tanque de almacenamiento					28	-8	64
B	Desprendimiento de SO <sub>2(g)</sub> de la torre de absorción 2 y local donde se encuentra el quemador de azufre					23	-13	168
C	Derrame de licor de remojo a los residuales					20	-16	256
D	Derrame de agua potable que cae en cascada para refrescar el quemador					22	-14	196
E	Derrame de maíz a la salida de los tanques para la etapa de molinación					44	8	64
F	Derrame de licor de remojo de tanques de maceración a residuales por válvulas en mal estado					32	-4	16
G	Derrame de maíz, tusas, polvo en el área de recepción y limpieza					59	23	529
H	Flotante de los tanques en mal estado					52	16	256
Total								1549

M es el número de expertos, A<sub>ij</sub> es el juicio de importancia del experto i sobre el requisito j, Δ es la desviación del valor medio que se calcula:

$$\Delta = (\sum A_{ij} - \tau)$$

$\tau$  = factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula

$\tau = \frac{1}{2} M (K+1)$  donde K es el número de requisitos a evaluar.

$$\tau = \frac{1}{2} M (K+1) = 0,5 * 8 (8+1) = 36$$

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos se determina por el estadígrafo Kendall  $\omega$ . El valor  $w$  oscila entre 0 y 1. Valores mayores de 0,7 se deben aceptar la decisión, valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis y valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.

Anexo 12.

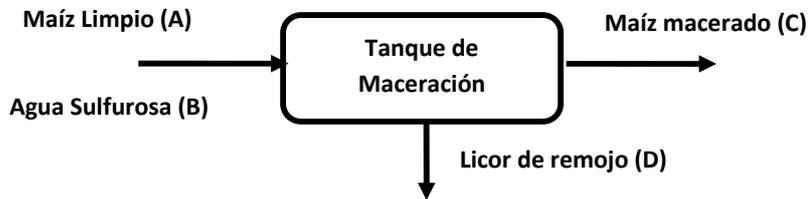
En la tabla 1 se relacionan los datos del proceso, se establecen considerando un proceso discontinuo, la capacidad de almacenaje de un tanque de maceración y durante 60 horas tiempo establecido para el procesamiento del maíz tipo Yellow.

Tabla. No 1. Resumen de los datos del proceso de maceración.

No	Concepto	Unidad	Valor	Observaciones
1	Maíz limpio (A). Cantidad	kg	30 000	Templa 60 horas
2	Agua en el Maíz limpio. (A)	%	15	
3	Agua sulfurosa (B).	m <sup>3</sup>	60	Templa de 60 horas
4	Densidad de (B)	kg/m <sup>3</sup>	1 200	Realizada en el laboratorio
5	Concentración de SO <sub>2</sub> en el agua sulfurosa (B)	mg/L	1560	Valor medio aritmético grafico 3.3
6	Maíz macerado (C)	kg	30 000	
7	Agua Sulfurosa en el Maíz Macerado (C)	%	42	
8	Licor de remojo (D)	m <sup>3</sup> / h	6	
9	Densidad del licor de remojo (D)	kg / m <sup>3</sup>	1 100	Realizada en el laboratorio a temperatura ambiente
10	Concentración licor de remojo (D)	g SDT/L	60	Según literatura (30)
11	Temperatura de entrada al tanque de maceración	°C	50,1	Valor medio aritmético
12	Temperatura de salida del tanque de maceración	°C	49	Valor medio aritmético
13	Días de trabajo en el año 2010		234	

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos.

- ❖ Balance de licor de remojo derramado en la etapa de maceración.



$$A + B = C + D \quad (1)$$

$$D = A + B - C \quad (2)$$

Para la obtención de agua sulfurosa se produce la reacción



Masa atómica  $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ kg H}_2\text{O}$

Masa atómica  $\text{H}_2\text{SO}_3 = 82 \text{ kg H}_2\text{SO}_3$

$$X = 18/82 = 0,21 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg H}_2\text{SO}_3$$

Para obtener la cantidad de  $\text{kg H}_2\text{O}$  que contiene el licor de remojo un tiempo de 60 horas tenemos:

Sustituyendo en (1)

$$0,15 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg maíz} (30\ 000) \text{ kg maíz} + 60 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 * 1\ 200 \text{ kg H}_2\text{SO}_3 / \text{m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 * 0,21 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg H}_2\text{SO}_3 = 0,42 \text{ kg H}_2\text{SO}_3 / \text{kg maíz} (30\ 000) \text{ kg maíz} * 0,21 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg H}_2\text{SO}_3 + D \text{ (cantidad de H}_2\text{O en el licor de remojo derramado)}.$$

Sustituyendo en (2) se tiene:

$D$  (cantidad de  $\text{H}_2\text{O}$  en el licor de remojo derramado) =  $16\ 974 \text{ kg H}_2\text{O} / 60 \text{ horas}$ , si el licor de remojo tiene  $60 \text{ g SDT} / \text{L}$  entonces:

$D$  (cantidad de licor derramado) =  $16\ 974 \text{ kg H}_2\text{O} / 60 \text{ horas} / X \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg licor de remojo}$  (3)

$60 \text{ SDT} / \text{L} = 1000 - 60 = 940 \text{ kg H}_2\text{O}$  entonces,  $X$  ( $\text{H}_2\text{O}$  licor) =  $940 \text{ kg H}_2\text{O} / 1\ 100 \text{ kg}$  de licor de remojo =  $0,85 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg licor de remojo}$

Sustituyendo en (3)

$D$  (cantidad de licor derramado) =  $16\ 974 \text{ kg H}_2\text{O} / 60 \text{ horas} / 0,85 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg licor de remojo}$

$D$  (cantidad de licor derramado) =  $19\ 969,4 \text{ kg licor de remojo} / 60 \text{ horas}$

D (cantidad de licor derramado) =  $19\,969,4 \text{ kg licor de remojo} / 60 \text{ horas} / 1\,100 \text{ kg licor de remojo} / \text{m}^3 \text{ de licor de remojo} = 18,1 \text{ m}^3 \text{ de licor de remojo} / 60 \text{ horas}$

Cantidad de licor de remojo derramado en un año:

$234 \text{ días/año} * 24 \text{ horas/día} * 19\,969,4 \text{ kg licor} / 60 \text{ horas} = 1\,869\,135,8 \text{ kg licor de remojo} / \text{año}$  se derraman.

Por lo tanto se derraman en  $\text{m}^3$ :

$1\,869\,135,8 \text{ kg licor de remojo} / \text{año} / 1\,100 \text{ kg licor de remojo} / \text{m}^3 \text{ de licor de remojo} = 1\,699,2 \text{ m}^3 \text{ de licor de remojo/año}$

En el balance de materiales se determinó que en el año 2010 se derramaron  $1\,699,2 \text{ m}^3$  de licor de remojo a los residuales de la fábrica.

Para determinar la cantidad de agua contenida en el licor de remojo y que se derrama a los residuales tenemos:

Cantidad de agua en el licor de remojo derramado:

$234 \text{ días/año} * 24 \text{ horas/día} * 16\,974 \text{ kg H}_2\text{O} / 60 \text{ horas} = 1\,588\,766,4 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{año}$  se derraman.

Por lo tanto se derraman en  $\text{m}^3$ :

$16\,974 \text{ kg H}_2\text{O} / 60 \text{ horas} / 1\,000 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{m}^3 \text{ H}_2\text{O} = 16,9 \text{ m}^3 \text{ de H}_2\text{O} / 60 \text{ horas}$ .

$1\,588\,766,4 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{año} / 1\,000 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{m}^3 \text{ H}_2\text{O} = 1\,588,7 \text{ m}^3 \text{ de H}_2\text{O/año}$ .

Se derraman en el año 2010  $1\,588,7 \text{ m}^3$  de  $\text{H}_2\text{O/año}$  contenida en el licor de remojo.

Anexo 13.

Tabla 1. Resumen de los valores de pH que se establecen por norma para los líquidos residuales del proceso de maceración y entrada y salida de la planta de residuales.

No	Concepto	pH	Observaciones
1	Licor remojo	3, 0	Vertido de aguas residuales
2	Torre 1 absorción	2, 5	NEIAL 2306.19. Año 1999
3	Torre 2 absorción	3, 5	NEIAL 2306.19. Año 1999
4	pH de entrada a la planta de tratamiento.	6 máximo	NEIAL 2306.17. Año 1999
5	pH de salida de la planta de tratamiento. (rango)	6 – 7	NEIAL 2306.17. Año 1999

Fuente: Empresa Glucosa Cienfuegos

Anexo 14.

Tabla No. 1 Datos de los valores de pH Entrada y Salida de los residuales a la Planta de Tratamiento. Fuente: Análisis de Laboratorio de Empresa Glucosa Cienfuegos. 2010.

Tiempo en Días	Meses					
	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
1			4,32	4,08	3,8	7,3
1					4,64	4,86
1					4,94	4,8
1					5,02	4,96
1					5,11	4,65
1					5,22	4,69
2	5,77	5,24	5,34	4,1	4,26	4,18
2	4,61	4,08	3,72	4,06	4,2	4,1
2			4,27	4,82	4,19	4,12
2			4,52	4,64	4,38	3,7
2			4,1	4,5	4,51	4,02
3			5,99	4,72	4,56	4,39
3			5,65	3,87	4,61	4,82
3			5,58	4,42	3,94	4,7
3			5,26	4,63	3,76	4,86
3			5,15	4,16	4,1	4,91
3					4,14	4,91
4			4,72	4,74	3,9	4,77
4			4,83	4,6	4,23	4,62
4			5,33	4,39	4,3	4,8
4					4,45	4,69
4					4,78	4,83
5	5,32	4,78	4,19	4,23	3,72	5,04
5	5,51	4,38	4,51	3,6	4,28	5,11
5	3,69				4,09	4,98
5	3,87				4,63	4,96
5					4,04	4,84
5					4,55	4,9
6	3,88	4,78	5,68	3,8	4,04	4,63
6	4,21	4,96	6,06	3,68	4,32	4,64
6	4,46	5,71	4,17	3,72	4,64	4,83

Tiempo en Días	Meses					
	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
6	3,8	4,7	4,28	4,03		
6	3,51	4,5	4,32	4,18		
6	4,55	4,2	4,42	4,87		
7	3,58	4,24	3,61	3,9	5,46	4,54
7	3,32	4,54	4,33	4,51	5,16	4,89
7	3,52	4,54	3,54	4,11	4,64	4,38
7	3,63	4,21				
7	3,51	4,45				
7	3,76	4,69				
8	5,44	4,05	4,02	3,55	4,84	4,32
8	5,41	4,26	4,3	4,2	4,89	5,04
8	4,24	4,13	4,28	4,2	4,72	5,21
8	4,35	4,29	4,45	4,39	4,52	5,01
8	4,56	4,36	4,32	4,18	4,76	5,32
8	4,73	4,43	4,54	4,26		
9	3,53	4,33	4,01	4,36	3,76	3,95
9	3,96	4,76	4,4	4,05	4,1	4,31
9			4,29	4,43	3,94	4,76
9			4,29	4,33	4,18	5,34
9			4,32	4,4	4,24	5,27
9			4,28	4,54	4,28	5,15
10	3,9	4,35	3,94	4,29	4,28	4,45
10	3,61	4,94			4,69	4,59
10	4,31	4,43			4,4	5,07
10	4,42	4,79			4,18	4,56
10					5,68	4,2
11	4,56	4,92				
11	5,77	4,98				
11	5,09	4,74				
11	3,82					
12	4	5,59			3,96	4,52
12					4,59	4,28
12					4,73	4,43
13	3,83	5,72			4,63	4,84
13	3,83	5,34			8,52	4,58
13	4	5,51			5,13	4,96
13	3,77	5,23			5,26	5,1

Tiempo en Días	Meses					
	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
13					5,28	4,74
13					5,06	4,58
14	6,2	5,7			4,63	4,85
14	6,1	5,33			4,48	4,89
14	6,09	5,62			4,51	4,32
14					4,79	4,54
14					4,64	4,41
14					4,82	4,67
15	3,77	3,78	4,2	4,5	6,31	4,06
15					5,43	5,21
16	4,84	6,15	3,99	4,46		
16	4,72	5,81				
16	5,19	6,23				
16	4,89	5,96				
16	3,8	5,67				
16	5,35	5,75				
17	5,9	5,65			3,89	4,26
17	5,3	5,22			4,21	4,82
17	4,88	5,15			5,6	4,6
17	4,53	5,26			5,86	4,84
17	4,52	4,13			5,62	4,92
17	4,21	4,24			4,99	4,62
18	3,73	4,11			4,89	4,51
18	4,02	4,79			5,03	4,94
18	4,37	4,96			5,8	4,4
18	4,19	4,56			5,72	4,51
18					5,34	4,81
18					5,23	4,44
19	4,85	4,86			5,11	4,7
19	4,54	4,7			5,22	4,78
19	4,06	4,8			6,49	4,55
19	4,21	4,92			6,21	4,62
19	4,19	4,56			5,96	4,69
19	4,73	5,1			5,81	4,72
20	4,51	5,07			4,8	4,34
20	4,46	4,92			5,79	4,63
20	4,32	5,16			3,38	4,98

Tiempo en Días	Meses					
	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
20	4,03	5,02			4,05	4,73
20	4,21	5,16			4,16	4,63
20					4,32	4,86
21	3,93	5,96	6,5	4,9	6,74	4,41
21	4,06	5,77	3,66	5,23	6,4	4,33
21	3,97	0,97	4,76	5,6	6,26	4,5
21	4,21	5,02	4,26	5,09	6,49	4,27
21	4,53	5,16	4,81	5,4		
23	4,19	5,73	4,94	5,03	6,95	4,68
23	4,41		4,4	4,25	5,69	4,44
23	4,62		4,36	4,32	5,81	4,25
23					3,71	4,5
23					5,06	4,52
24	4,02	6,01	3,14	4,28		
24	4,06	4,98	4,05	4,72		
24	4,16	5,03	4,1	4,8		
24	4,38	5,22	4,2	4,6		
24	3,96	4,83	4,46	4,38		
24	4,31	5,2	4,69	4,95		
25	5,37	4,05	4,12	4,33	5,16	4,78
25	3,94	4,1	4,6	4,81	5,36	4,92
25	4,09	4,29	3,34	4,3	5,75	4,83
25	4,11	4,46	4,24	4,6	6,17	5,25
25			4,62	4,83	6,08	5,41
25					6,26	5,32
26	4,26		4,94	4,02	5,6	5,7
26	3,81	4,22	4,61	4,38	5,4	6,4
26	4,03	4,09	5,45	4,22	6,05	5,06
26			4,92	4,15	6,28	5,12
26			4,43	4,34	5,79	5,08
26			4,53	4,65	6,14	5,3
27	6,18	3,77	5,88	4,79	5,6	5,9
27	6,98	4,29	5,42	4,74	5,2	5,8
27	5,07	4,5	4,5	4,76	3,47	5,95
27	5,88	4,34	4,61	4,82	4,26	5,32
27			4,52	4,73	4,45	5,6
27			4,25	4,56	4,85	4,98

Tiempo en Días	Meses					
	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
28			4,03	4,64	5,72	5,26
28			4,18	5	5,66	5,48
28			4,11	4,84	5,43	5,46
29	4,32	4,89	3,26	4,73	4,21	4,52
29	4,21	5,15	3,7	4,94	5,8	4,1
29	6,09	4,02	4,09	4,98	4,3	3,51
29			3,7	4,61	4,54	4,09
29			4,02	4,78		
30	3,7	5,17				
30	4,37	5				
30	4,2	5,1				
30	4,2	3,89				
31			3,96	4,57		
31			3,56	4,68		
31			3,73	4,56		
31			3,56	4,73		
31			5,79	3,91		

Anexo 15.

Balance parcial de licor de remojo para determinar la cantidad de licor de remojo que se concentra.

Cantidad de licor de remojo/ año \* concentración del licor de salida de maceración = cantidad de licor concentrado \* concentración del licor concentrado

$$1\ 869\ 135,8 \text{ kg de licor de remojo/año} * (0.04 \text{ } ^{\circ}\text{Bx}) = x * (0.5 \text{ } ^{\circ}\text{Bx})$$

Cantidad de licor concentrado/año = 149 530,8 kg de licor de remojo concentrado.

Anexo 16.

Estudio de factibilidad económica para la recuperación del licor de remojo en el evaporador de la fábrica.

Para la obtención de los datos de costo de producción y gastos generales se tomo en cuenta los indicadores económicos que se necesitan para producir 1000 kg del producto. En la tabla 1 se resumen los costos de producción y los gastos generales de este proceso.

Tabla No. 1. Resumen de los Costos de producción

Concepto	Unidad	Valor	Costo CUP/1000 kg de producto	Costo Total CUP/año.
Materias Primas				109 950, 75
Licor de remojo	kg de licor de remojo/año	149 530,8	0	0
Vapor	L de petróleo/año	155 610,0	0,65 CUP/litros de petróleo	101 146,5
Electricidad	kW-h/año	35 217,0	0, 25 CUP/kW-h	8 804,25
Mano de obra directa	CUP / 1 000 kg de producto	6,81		1 018,3
Mano de obra indirecta	CUP / 1 000 kg de producto	1,90		284,1
Total				111 253,15
Gastos Generales	CUP / 1 000 kg de producto	4,12		616
Días de trabajo en el año 2010	234			
Costo de la inversión	27 604, 67			

✓ El licor de remojo concentrado es la materia prima para enriquecer el forraje, como la cantidad producida en el año se derrama a los residuales no tiene precio por lo que su valor es 0.

- ✓ La instalación consume 2 660 kg de vapor /hora, para producir 12 000 kg de vapor/ hora se consumen 600 litros de petróleo/horas por lo que el consumo es de 133 litros de petróleo/horas. Si tenemos en cuenta que el evaporador trabaja 5 horas al día entonces se necesitan 155 610 litros de petróleo/año
- ✓ La instalación tiene un consumo de 30,1 kW-h/hora, por lo que en 5 horas de trabajo entonces consume 35 217 kW-h/año
- ✓ Para concentrar el licor de remojo a 50<sup>0</sup>Bx esta etapa trabaja 5 horas al día
- ✓ Mano de obra directa (Salario, vacaciones, contribución a la seguridad social, estimulación en divisa, impuesto por utilización de fuerza de trabajo, arrendamiento de equipos, ropa y calzado).
- ✓ Mano de obra indirecta (depreciación, mantenimiento y reparación).

Cálculos para el estudio de factibilidad económica de la inversión en la sección del evaporador.

Para utilizar alternativamente el evaporador existente en la fábrica se necesita realizar una inversión en la tabla 2, 3 y 4, se resumen las principales características y costo de esta inversión.

Tabla No. 2. Resumen las características técnicas de la inversión.

<b>Características Técnicas de la Instalación</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Dimensiones características</b>	<b>Material de construcción</b>	<b>Gastos (\$) CUC</b>
Tanque	Cap. 25 m <sup>3</sup>	Acero inoxidable	9 900,00
Bomba centrífuga	ANSI- STEGE 220/440 V	Acero inoxidable	5 300,00
Tuberías	L = 35 m, D = 1 pulg.	Acero inoxidable	315,00
2 Válvulas	D = 1 pulg.	Acero inoxidable	400,00
Total			15 915,00

Fuente: Los datos de los costos son estimaciones de valores para equipos reportados en catálogos y libros de ingeniería química (Peters)

Tabla No. 3. Otros gastos.

Producto	Cantidad	Precio	Total CUP
Agua para desinfección (m <sup>3</sup> /año)	11 583	0,30 CUP/ m <sup>3</sup>	3 474,9
Hidróxido de Sodio (kg/ año)	11 583	0,69 CUP/kg	7 992,27
Total			11 467,17

✓ El agua utilizada se tomo en consideración el flujo necesario para la desinfección que es de 9 m<sup>3</sup>/h y se le adiciona un 10 % por perdidas en el lavado de los tanques, si la limpieza se realiza cada diaria, tenemos que el gasto de agua es de 3 861 m<sup>3</sup>/a.

✓ Para la desinfección se utiliza Hidróxido de Sodio y se necesitan 1 kg / m<sup>3</sup> de agua.

Tabla No. 4. Mano de obra.

Para lo cual se necesitan trabajar una brigada compuesta por:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Mecánico B (6 días)	1	\$ 285.0	71,25
Pailero B (6 días)	2	\$ 260.0	130,00
Soldador B (2 días)	1	\$ 255.0	21,25
Total			222,5

Anexo 17.

Para determinar esta pérdida de agua en un día de trabajo tenemos:

$$0,002\text{m}^3/40\text{seg} \cdot 60\text{seg}/1\text{min} \cdot 60\text{ min}/1\text{horas} \cdot 24\text{horas}/\text{días} = 4,32\text{ m}^3/\text{día}$$

$$4,32\text{ m}^3/\text{día} \cdot 234\text{ día/ año} = 1010,8\text{ m}^3/\text{año}$$

Anexo 18.

Estudio de factibilidad económica para la recuperación del agua que se derrama al refrescar los gases durante la combustión del azufre.

Para la obtención de los datos de costo de producción y gastos generales se tomo en cuenta los indicadores económicos que se necesitan para recuperar esta agua. En la tabla 1 se resumen los costos de producción de este proceso.

Tabla No. 1. Resumen de los Costos de producción

Concepto	Unidad	Valor	Costo CUP/1000 kg de producto	Costo Total CUP/año
Agua	m <sup>3</sup> /año	1010,8	0	0
Electricidad	kW-h/año	2 925	0, 25 \$/kW-h	731,25
Mano de obra directa	1 operario	1	466 CUP/mes	3 634,8
Total				4366,05
Días de trabajo en el año 2010			234	
Costo de la inversión			547,95	

✓ El agua a recuperar es la materia prima, como la cantidad producida en el año se derrama a los residuales no tiene precio por lo que su valor es 0.

✓ La bomba instalada para la recuperación de esta agua tiene un consumo de 2,5 kW-h/hora, por lo que en 5 horas de trabajo al día, consume 2 925 kW-h/año

✓ Mano de obra directa (Salario, vacaciones, contribución a la seguridad social, estimulación en divisa, impuesto por utilización de fuerza de trabajo, arrendamiento de equipos, ropa y calzado).

Cálculos para el estudio de factibilidad económica de la inversión.

Para este cálculo se tienen en cuenta los equipos que se deben instalar, así como la mano de obra necesaria para realizar la inversión en la tabla 2 y 3, se resumen las principales características y costo de esta inversión.

En la tabla 2 se resumen las características técnicas de la Instalación.

Tabla No 2. Costo de la inversión.

<b>Características Técnicas de la Instalación</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Dimensiones características</b>	<b>Material de construcción</b>	<b>Gastos (\$) CUC</b>
Moto Bomba recuperada	“ VIDA – 3” 220/440 V	Acero inoxidable	43,00
413 kg de Plancha de 5 mm para la construcción del tanque.	Cap. 3 m <sup>3</sup>	Acero inoxidable	313,8
Tuberías	L = 20 m, D = 1 pulg.	Acero inoxidable	65,00
2 Válvulas de bola	D = 1 pulg.	Acero inoxidable	5,30
Total			427,1

Fuente: Los datos de los costo son estimaciones de valores para equipos reportados en catálogos y libros de ingeniería química (Peters) (58)

Tabla No. 3. Mano de obra.

Para lo cual se necesitan trabajar una brigada compuesta por:

<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario</b>	<b>Gasto en salario CUP</b>
Mecánico B (3 días)	1	\$ 285.0	35,6
Pailero B (3 días)	2	\$ 260.0	64,00
Soldador B (2 días)	1	\$ 255.0	21,25
Total			120,85

Anexo 19.

Los datos para la realización del balance de materia de esta etapa se establecen considerando la cantidad de azufre sólido suministrado al quemador, los flujos de salida de las torres, así como su concentración.

Tabla. No. 1 Resumen de los datos del proceso

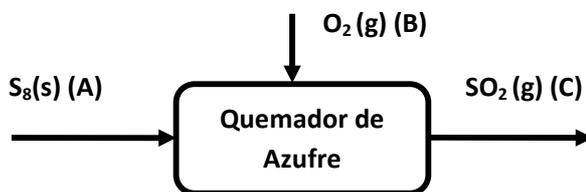
No	Concepto	Unidad	Valor	Observaciones
1	Azufre sólido (A). Cantidad	kg	4	Para 1 000 kg de maíz limpio
2	Pureza de azufre (A)	%	98,7	Valor medio aritmético tabla 3.16 anexo 6
3	O <sub>2</sub> (g) aire en exceso (B).	m <sup>3</sup> /h	8	
4	Temperatura de entrada a la torre 1	°C	95	NEIAL 2306.19. Año 1999
Torre 1				
5	Agua sulfurosa (E)	m <sup>3</sup> /h	8	
6	Densidad (E)	kg/ m <sup>3</sup>	1 200	Realizada en el laboratorio
7	Concentración de SO <sub>2</sub> en el agua sulfurosa (E)	mg/L	1560	Valor medio aritmético grafico 3.3
Torre 2				
6	Agua sulfurosa (F)	m <sup>3</sup> /h	8	
7	Densidad (F)	kg/ m <sup>3</sup>	1 200	Realizada en el laboratorio
8	Concentración de SO <sub>2</sub> en el agua sulfurosa (F)	mg/L	554,67	Valor medio aritmético grafico 3.3
13	Días de trabajo en el año 2010		234	

Para determinar la cantidad de SO<sub>2</sub> (g) que entra en las torres de absorción y luego se transforma en agua sulfurosa tenemos:

$$A + B = C \quad (1)$$

$$B = D + E + F \quad (2)$$

El azufre se quema mediante una reacción de oxidación para formar  $\text{SO}_2$  (g) que una parte se disuelve en agua y el otro se libera a la atmósfera. A continuación representamos la reacción de combustión del azufre y en la figura 3.16 del diagrama de flujo del proceso.



Sustituyendo en (1) tenemos:

Por estequiometría si entra un exceso de  $\text{O}_2$  (g) tenemos que si reaccionan 4 kg de azufre/ 1 000 kg de maíz limpio entonces:

$C = 4 \text{ kg S}_8 / 1\,000 \text{ kg de maíz limpio} * 8 (64) / 8 (32) = 8 \text{ kg de SO}_2 \text{ (g) / } 1\,000 \text{ kg de maíz limpio.}$

Para determinar el contenido de  $\text{SO}_2$  (g) que se libera a la atmósfera sustituyendo (2)

$$B \text{ SO}_2 \text{ (g)} = D \text{ SO}_2 \text{ (g)} + E + F$$

$$8 \text{ kg de SO}_2 \text{ (g) / } 1\,000 \text{ kg de maíz} * 6\,859\,890 \text{ kg de maíz / año} = D \text{ SO}_2 \text{ (g)} + 70,08 \text{ kg SO}_2 \text{ / año} + 24,89 \text{ kg SO}_2 \text{ / año}$$

$$D \text{ SO}_2 \text{ (g)} = 54\,879,12 \text{ kg SO}_2 \text{ / a} - 70,08 \text{ kg SO}_2 \text{ / a} - 24,89 \text{ kg SO}_2 \text{ / año}$$

$$D \text{ SO}_2 \text{ (g)} = 54\,784,15 \text{ kg SO}_2 \text{ / año}$$

$$E = 8 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 \text{ / horas} * 0,00156 \text{ kg SO}_2 \text{ / m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 * 24 \text{ horas / días} * 234 \text{ días / año} = 70,08 \text{ kg SO}_2 \text{ / año}$$

$$F = 8 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 \text{ / horas} * 0,000554 \text{ kg SO}_2 \text{ / m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3 * 24 \text{ horas / días} * 234 \text{ días / año} = 24,89 \text{ kg SO}_2 \text{ / año}$$

Como se puede observar en el balance de materiales se liberan 54 784,15 kg  $\text{SO}_2$  en un año a la atmósfera

Anexo 20.

Tabla No 1. Datos de los valores de la concentración de Agua Sulfurosa en la Torre 1 y Torre 2. Fuente: Análisis de Laboratorio de Empresa Glucosa Cienfuegos. 2010.

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
1	198,1	2136,83	678,3			
1	346,74	75,6	814			
1	584,24		1356,7			
1	792,56		1531,6			
1			1431,6			
1			1370			
1			520			
1			780			
1			1030			
1			1090			
1			980			
2	1629,7	1456,07	1085,4		312,2	
2	1634,6	926,59	1560		320,5	
2	663,76	1531,7	1720		340,38	
2	1198,74	1628,4	1630		283,5	
2	1955,92	1782,5	1510			
2	1971,49	1521,6				
2	1902,14	1985,5				
2	1763,44	2032,8				
2	1515,77	1796,4				
2	1476,14	1607,3				
3	1020,4	2212,47	1080		756,4	
3	1931,8	1976,1	1372,6		756,4	
3	2972,1	1692,44	1461,8		635,43	
3	2011,1	1474,98	723,6			
3	1248,28	1768	1085,4			
3	2258,79	595,6	1701			
3	1971,49	1802,4	2170,8			
3	2070,56	1722,6	1500			
3	2189,44	1635,7	2050			
3	1961,58	1957,1	1890			
3	1902,14	2117,9	1900			
3	1022,88	1736,4	1740			

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
4	931,25	614,57	1450		189,1	
4	1372,1	1219,69	1492,6		368,74	
4	3090,9	1541,16	1175,8			
4	2476,7	1786,9	1447,6			
4	2229	1891,5	1323			
4	2040,84		1050			
4	1912,05		1346,6			
4	1803,07		880			
4	2021,02		2200			
5	1773,36	2080,1	2150	188,2		326,7
5	1699,05	1493,89	1672,6	366,5		370
5	1862,4	1503,34	1160	574,61		400
5	1812,6	1011,68	1421,8			580
5	936,2	992,7	750			560
5	198,1	1321,2	1650			610,43
5	1742,6	1532,5	1550			430
5	1832,41	1512,62				480
5	1971,5					
5	2040,88					
5	1884,33					
5	2001,22					
6	1981,4	2136,83		624,14	352,5	480
6	1317,6	1868,09	1420			320
6	1721	1276,4	1270			210
6	1662,5	1526,7	980			600
6	905,85	1422,6	1550			500
6	2244,4	1547,3	1700			590
6	2153,9		1500			
6	1690,9		1630			
6	1992,87					
6	2013					
6	1872,09					
6	1912,35					
7	1358,77	2080,1	1360	473,06	141,82	410
7	1570,14	1777,5	1650	553,5	343,71	
7	1711,05	1531,4	1850	553,5	379,89	
7	1640,59	491,66	620		506,52	

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
7	105	1420,06	2030		669,33	
7	679,39	1700,46	1100		886,41	
7	1872	1438,15	1860			
7	1056,8	1510,51	1610			
7	2123,7	1709,5	1830			
7	1560,08	1610,01	1870			
8	1660,73	1492,4	2230		545	
8	1539,94	1809,2	1700		642,7	
8	1036,69	1401,9	1832,61			
8	1132,3	1628,1	1721,5			
8	1761,6	1040,17	1526,2			
8	1872,5	2188,89	1560			
8		1728,6	1890			
8		1528,6	1640			
8		1230,12	1520			
8		1510,51				
8		1709,5				
9	1630,5	1266,3	1231,4	513,31		
9	1610,4	545	1200	533,25		
9	1358,7	723,6	1850	604,51		
9	1639,4	705,51	950			
9		1501,47				
9		1619,05				
9		1483,8				
9		1528,6				
9		1881,36				
9		1619,05				
9		1429,11				
10	1882,15	1564,7				
10	1821,76	1742,8				
10	2013					
10	1066,89					
10	1278,2					
10	1841,6					
10	1892,8					
10	1522,8					
11	1328,58					

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
11	1962,68					
12	1268,19		400		300	
12			1400		410	
12			1490		520	
12			1600		600	
12			1800		630	
12					580	
13	2002,94		2260	473,06	580	
13	1982,81		2000	603,9		
13	1962,68		1800	714,62		
13			1700			
13			1170			
13			630			
13			1960			
13			1870			
13			1800			
13			1520			
13			1310			
13			750			
14			400			
14			1820			
14			1650			
14			1800			
14			1720			
14			1930			
14			1610			
14			1500			
14			1460			
14			1740			
14			1580			
14			1310			
15	1499,68	596,5	1872,7	431,43	362,6	560
15	1620,46	1284,3	1752,6	503,25	542,7	590
15	1358,77	2170	1829,8	603,9		400
15		2080,3	2350	613,96		700
15		1596,3	1990			520
15		904,5	1860			361

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
15			1900			800
15			2780			
15			980			
16	1187,6	967,82		553,57		
16	1571,8	1528,61				
16	1832,5	1519,56				
16	1721,6	1962,77				
16	956,17					
16	503,72					
16	885,52					
16	1124,6					
16	744,81					
16	2073,39					
16	1791,57					
16	2093,52					
17	1872,6		1673,77	543,51		
17	1763,8		1574,7			
17	1791,5		297,12			
17	1660,7		1492,2			
17	1942,5		1287,5			
17	1851,9		1584,6			
17	1741,2		1574,7			
17	1630,53		1673,7			
17	2204,23		1515,31			
17	2033,13		1634,16			
17	1992,87		1703,48			
17			1683,68			
18	1685,8	1564,79	1723,29			
18	1358,7	1591,92	1911,47			
18	1621,4	1221,08	1653,96			
18	1842,2	1718,5	1475,69			
18	1529,8	1561,6	1951			
18	1882,1	1722,8	1872,6			
18	1931,7	1423,7	1621,6			
18	1479,5		1722,5			
18			1238			
18			1634,1			

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
18			1386,5	583,77		
18			1188	513,31		
19	1721,6		1733,2	362,34		
19	1842,1		1634,16			
19	2043,1		1188,4			
19	2274,6		1941,1			
19	2083,4		1831,6			
19	1630,5		1406,3			
19			1782,7			
19			1673,7			
19			1881,7			
20	1066,89		1574,7			462,7
20	1539,94		1832,24			432,5
20	2018,03		15544,92			425,6
20	1570,1		1475,69			455,5
20	1721,2		1972,6			524,9
20	1891,6		1721,6			584,3
20	1802,5		1705,8			485,2
20	2747,7		1842,5			
20	2431,6		1604,4			
20			1663,8			
20			1782,7			
20			1505,4			
21	2032,03		2178,88	271,7	407,02	
21	1972,7			352,2	425,11	
21	1721,4			342,4	533,65	
21	1621,6			348,6	606,01	
21	1712,8			372,4	624,1	
21	1992,8			531,43	515,56	
21	2146,6			432,79		
21	2767,8					
21	2254,5					
22	2063,3	2031,7			506,52	
22	1408,6	1537,6			407	
22	1631,4	1356,7			633,1	
22	1660,7	434,17			587,9	
22	1761,37	1356,7			540,2	

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
22	1539,94	1781,8				
22		1311,5				
23	1866,48	1634,5	614,04			
23	1380,43	768,8	574,43			
23	1560,07	1484,7	465,4			
23	1720,81	2080,3	455,6			
23	1654,62	1763,7				
23	1742,5	1528,61				
23	1892,5	1628,1				
23		1438,16				
23		1790,91				
24	1777,54	1763,7		633,48	472,5	
24	1998,94	1320,5		595,66	472,5	
24	1125,14	1492,4		160,7		
24	841,49	949,7		221,6		
24	1446,61	1175,8				
24	1503,34	1265,2				
24	1588,44	904,3				
24	1219,69	1664,2				
24	917,1	1531,4				
24	1134,6	1731,6				
24	1532,8	1809,6				
24	1492,5					
25	1513	1429,11	792,3	529,3	226,2	
25	1702,4	1619	1774,7	403,3	271,3	
25	978,5	1130,62	1963,8	170,19	271,3	
25	1560,07	1592,4	2010,5		326,2	
25	2174,65	1266,3	2376,96		361,8	
25	1580,43	1447,2	1505,4			
25	803,67	1386,7	1713,39			
25	1664,08	1438,2	1634,16			
25	1928,82		1545,02			
25	1541,16		1346,94			
25			1614,35			
25			1525,21			
26	756,4	1248,21	1485,6	472,75		
26	1607,35	1510,51	1782,7	543,2		

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
26	1985,4	1564,78	1931,2			
26	1597,89	1411,02	1584,6			
26	1872,09	1998,9	1575,69			
26	1692,44	1821,4	1069,63			
26	1560,07	1989,9	1545,02			
26	1503,34	1899,4	1733,2			
26	973,86	1718,5	1574,73			
26		1356,7	1554,92			
27	1574,49	1682,37	2030,3	642,94		2030,3
27	1507,4	1709,5	2010,5			2010,5
27	1928,8	1655,5	1960,9			1960,9
27	1985,6	2315,52	1880,3			1880,3
27	1408,79	1925,6	1584,6			1584,6
27	1597,89	1892,5	1436,2			1436,2
27		1671,4	822			822
27		1742,8	1748,6			1748,6
27		1682,3	1010,21			1010,21
27		1836,1	1039,92			1039,92
27		1673,3	1257,8			1257,8
27		1465,2	812,12			812,12
28		1528,6	1502,6			445,6
28		1356,55	1386,5			495,2
28		2090	1782,7			584,3
28		1530	1812,4			445,6
28		1590	1683,6			534,81
28		1860	1505,4			
28		1630	2258,11			
28		1518	1828,96			
28		1270	1881,76			
28		1561,7				
28		1689,4				
28		1522,7				
29		400	1683,6		500	
29		1200			582,6	
29		1870			571,5	
29		1300				
30	661,9			236,37		

Tiempo en días	Meses					
	Torre 1			Torre 2		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Septiembre	Octubre	Noviembre
30	567,3			283,25		
30	624,03			456,2		
30	1323,7			334,2		
30	1499,23			283,65		
30	1485,3			330,92		
30	1285,88					
30	1408,79					
30	2070,64					
31		2000			430	
31		1840			590	
31		1280				