

*Universidad de Matanzas*

*“Camilo Cienfuegos”*

*Facultad de Ingenierías Química – Mecánica*



# *TRABAJO DE DIPLOMA*

*Título: Evaluación de las opciones de producción más limpia en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.*

*Autor: Yaislen Montalvo Medrano.*

*Tutores: MSc. Damarys González Rodríguez.*

*Ing. Luis A. Olivera Díaz.*

*Matanzas, 2013.*

# Declaración de Autoridad

Yo, Yaislen Montalvo Medrano, declaro ser la única autora de este trabajo de diploma y autorizo al departamento de Química e Ingeniería Química de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y a la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón”, a darle el uso que consideren necesario al mismo.

---

Yaislen Montalvo Medrano  
Autor

# Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Institución

---

Presidente del tribunal

---

Firma

---

Evaluación

---

Fecha

# Pensamiento

En su profesión, el hombre no solo debe ambicionar el logro de su propia felicidad, sino también buscar la felicidad de todos los seres humanos por eso, al elegir una profesión, el bienestar de la humanidad y nuestro propio perfeccionamiento deben ser los puntos fundamentales.

Si el hombre crea solamente para sí mismo podrá ser un famoso científico, un gran sabio, un excelente poeta, pero jamás será realmente un ser grande y perfecto.

Karl Marx

# Dedicatoria

Deseo dedicar este trabajo de todo corazón a:

A mi querida mamá por el orgullo que me da sentir ser su hija, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y por encontrar en ella el amor, los consejos y la paciencia que me ayudan a vivir día a día.

A mi papá, por sus esfuerzos para mi educación y todo lo que me ha proporcionado.

A mi esposo por su ayuda, comprensión, tolerancia y ser parte de mis desvelos y logros.

A Miguelito por ser ese hermano por quien lucho hoy y mañana a pesar de todas las adversidades que nos pone la vida.

A toda mi familia por estar presente cuando los he necesitado.

# Agradecimientos

Agradezco sinceramente a:

A mi papá, por preocuparse y confiar en mí además de apoyarme cuando lo he necesitado.

A mi mamá, por apoyarme en mi superación, por su confianza y por todos sus desvelos.

A mi tutor Luis A. Olivera, por confiar siempre en mis capacidades, proporcionarme la oportunidad de realizar este trabajo, por su constante e incondicional apoyo durante la realización de este trabajo.

A mi tutora Damarys González, por cederme parte de su profundo conocimiento, por su dedicada atención y demostrada profesionalidad en sus orientaciones y consejos.

A toda mi familia, por preocuparse y confiar en mí, apoyarme cuando lo he necesitado.

A todo el colectivo del Combinado Industrial "Héroes de Girón" y especialmente los compañeros ingenieros del departamento de tecnología y a Mariela Oliva Rodríguez por guiarme, por apoyarme durante la realización de este trabajo y por su preocupación.

A mis compañeros de aula, por su solidaridad, amistad y ayuda en el desarrollo de las tareas.

A todos mis profesores, por los conocimientos, predisposición, colaboración y actitud hacia mí en todos los momentos y en los que necesité compartir algo con cada uno de ellos.

A todas las personas que de una forma o de otra me ayudaron a llegar hasta aquí, para convertir este sueño en realidad.

A todos, muchas gracias.

## Resumen

Este trabajo se desarrolló en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón perteneciente al municipio de Jagüey Grande, la cual elabora una gran variedad de productos derivados de frutas tropicales. La investigación se efectuó con el objetivo de proponer y evaluar opciones de producción más limpia, para mejorar los consumos de los portadores energéticos, disminuir la generación de los residuales líquidos en la planta e identificar los problemas ambientales presentes en el desarrollo de otros servicios de la unidad, como los higiénico-sanitarios y otras zonas de la empresa, que influyen en el buen desempeño ambiental de la entidad. En la investigación se identificaron los problemas ambientales utilizando la metodología del CITMA, lo que permitió elaborar un plan de acción que posibilita minimizar los problemas detectados. Las opciones de PML identificadas según la metodología propuesta por la ONUDI, propician la reducción del consumo de agua y la disminución de residuales líquidos, las cuales se evaluaron y priorizaron teniendo en cuenta su beneficio económico, social y ambiental. Con el desarrollo de las opciones de PML se comprobó que se puede contribuir al ahorro del agua, de combustible y energía. Además se recomienda una inversión de \$ 24347.702 para efectuar la compra de todos los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

## Summary

This work was developed in the UEB Combined Industrial Heroes of GirónIt belongs to Jagüey Grande's municipality in which elaborates a great variety of derivative products of tropical fruits. The investigation was made with the objective of to propose and to evaluate options of cleaner production, for to improve the consumptions of the energy payees, to diminish the generation of the residual liquids in the plant and to identify the problems environmental present in the development of other services of the unit, as the hygienic-sanitariums and other areas of the company that influence in the good environmental acting of the entity. In the investigation the environmental problems were identified using the methodology of the CITMA, what allowed to elaborate an action plan that facilitates to minimize the detected problems. The options of identified PML according to the methodology proposed by the ONUDI, propitiate the reduction of the consumption of water and the decrease of residual liquids, which were evaluated and they prioritized keeping in mind their economic, social and environmental benefit. With the development of the options of PML it proved that it can contribute with the saving of the water, fuel and energy. It also recommend an investment of \$24347.702 for to make a purchase of all materials and equipment that are nessesary for to carry out this investigation.

# Índice

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1: Análisis bibliográfico</b> .....	4
1.1 Antecedentes y filosofía de Producción Más Limpia (PML).....	4
1.2 Producción Más Limpia.....	6
1.2.1 Valoración del concepto de PML.....	6
1.2.2 Significado de la PML.....	7
1.2.3 Beneficios de la PML.....	7
1.3 Factores a considerar en la implementación de las prácticas de PML en Cuba.....	8
1.3.1 Metodología para la implementación de las prácticas de PML en Cuba.....	12
1.4 ¿Cómo han sido implementadas algunas técnicas y tecnologías de PML en la evaluación de plantas? .....	13
1.5 Orígenes de la Red Nacional de PML.....	17
1.6 PML y agua en la industrias y los servicios.....	17
1.6.1 Sistema de generación y distribución de vapor.....	18
1.7 La industria procesadora de cítricos en Cuba.....	18
1.7.1 Principales problemas ambientales de la industria procesadora de cítrico en Cuba.....	19
1.7.2 La PML en el sector industrial citrícola.....	21
<b>Capítulo 2: Materiales y métodos</b> .....	23
2.1 Identificación de fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón”.....	23
2.2 Metodología para identificar los focos que generan opciones de PML.....	24
2.2.1 Fase I: Planeación y organización.....	24
2.2.2 Fase II: Evaluación previa.....	26
2.2.3 Fase III: Evaluación.....	26

2.2.4 Fase IV: Estudios de factibilidad.....	28
2.2.5 Fase V: Implantación.....	28
2.3 Metodología para el desarrollo de opciones de PML.....	28
2.4 Ecuaciones para el cálculo de las opciones de PML.....	29
2.4.1 Metodología para la selección de la bomba. (Balance de mecánica de fluido).....	29
2.4.2 Cálculo de las pérdidas en tuberías y accesorios ( $\Sigma H_f$ ).....	30
2.4.3 Cálculo de la carga de la bomba.....	33
2.4.4 Cálculo del NPSH del sistema.....	34
<b>Capítulo 3: Cálculo y evaluación de las opciones de PML.....</b>	<b>36</b>
3.1 Identificación y valoración de las fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.....	36
3.2 Aplicación de la Metodología de PML.....	37
3.2.1 Etapa I. Planeación y organización.....	37
3.2.2 Definición de los elementos componentes del Sistema de Gestión Ambiental (política, objetivos y metas ambientales).....	40
3.2.3 Etapa II. Evaluación del sistema objeto de estudio.....	41
3.2.3.1 Descripción tecnológica del proceso productivo completo.....	41
3.2.3.2 Descripción de la Planta de Tratamiento de Residuales Líquidos.....	46
3.3 Cálculo de opciones de PML.....	49
<b>Conclusiones.....</b>	<b>75</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>77</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>80</b>

## **Introducción**

La Unión Empresarial de Base (UEB) Combinado Industrial Héroes de Girón es una industria que procesa naranjas y toronjas para obtener jugos naturales, concentrados y otros subproductos de estas frutas. En la UEB todos los procesos de producción se sustentan en la garantía de la materia prima, el equipamiento tecnológico y los recursos humanos, además juegan un papel importante otros servicios que se necesitan, entre los que se destacan vapor, aire comprimido, electricidad, agua tratada o suave y agua de enfriamiento.

Existe en la UEB desde hace algunos años un plan de diversificación de las producciones, con la ejecución de este, se han sembrado áreas de frutales con la finalidad de abastecer el mercado interno de fruta fresca en moneda libremente convertible, jugos y otras producciones, principalmente mango, guayaba y papaya, las que se incrementan con variedades de ciclo corto y de gran demanda en el mercado nacional e internacional como el tomate. La UEB Combinado Industrial Héroes de Girón respondiendo a este plan aumenta sus capacidades, realizando importantes inversiones entre las que se encuentra la adquisición de una línea de envasado aséptico, se logra instalar un nuevo intercambiador para celdillas, se adquiere una línea de procesamiento de frutas tropicales para la obtención de pulpas, se instala una línea de mermeladas, dulces en almíbar, encurtidos y en estos equipos ocurre el intercambio de calor con vapor en las diferentes operaciones tecnológicas lo cual eleva el consumo de los portadores energéticos y aumenta la generación de residuales líquidos en la planta.

Debido a la importancia que tiene el tema de la PML la empresa realiza grandes esfuerzos para implementarla. La misma está concebida como una práctica empresarial aplicable a cualquier sector de la producción y los servicios para incrementar la eficiencia de los procesos, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo. La PML ha tenido un gran reconocimiento por ser un enfoque económico más efectivo para minimizar el impacto ambiental de la industrialización además de ser una

estrategia de “ganar- ganar”, porque protege al medio ambiente, al consumidor y al trabajador, mientras mejora la eficiencia industrial, los beneficios económicos y la competitividad de las empresas. Por otro lado, es una forma de pensar en como producir bienes y servicios con mínimo impacto ambiental, bajo las limitaciones tecnológicas y económicas actuales. Como enfoque global de la actividad productiva, la PML involucra los aspectos relativos a la minimización de los residuales, prevención de la contaminación, reducción de sustancias tóxicas así como el manejo eficiente de los recursos agua, energía, materia prima y recursos naturales antes que abandonen el proceso. En la empresa todos los procesos de producción se sustentan en la garantía de la materia prima, el equipamiento tecnológico y los recursos humanos en los servicios que se necesitan.

**Problema:**

¿Cómo disminuir el consumo de portadores energéticos y de generación de residuales líquidos en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón?

**Hipótesis:**

Si se evalúan opciones de PML, en los puntos del proceso productivo que se desarrolla en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón que generan mayor impactos negativos sobre el medio ambiente, se podrá incrementar la eficiencia de la planta en cuanto al consumo de portadores energéticos y disminuir los residuales líquidos, para mejorar el desempeño ambiental de la entidad.

**Objetivo general:**

Evaluar las opciones de PML en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.

**Objetivos específicos:**

1. Identificar fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.
2. Aplicar la Metodología de PML.
3. Proponer Opciones de PML en los puntos del proceso productivo que generan mayor impactos negativos sobre el medio ambiente.
4. Evaluar económicamente la modificación propuesta, y los impactos ambientales que genera la modificación.

## **Capítulo 1: Análisis bibliográfico**

### **1.1 Antecedentes y filosofía de Producción Más Limpia (PML).**

Los antecedentes de la PML datan desde el inicio de la revolución industrial, con la reducción de desechos por algunos industriales con fines económicos. El precedente más directo en la contemporaneidad, es la minimización de residuos y la prevención de la contaminación, promovida por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, en la conferencia internacional sobre tecnologías sin residuos, en 1976, París; a partir de la cual surge una propuesta de acciones de proyección internacional, en 1979, con la “Declaración sobre las tecnologías de bajo o ningún residuo y la reutilización o reciclado de residuos”.

En esta fecha Estados Unidos ya tiene establecidas regulaciones ambientales que propician la introducción de tratamientos de residuales y en 1984, el Congreso se pronuncia por controvertibles soluciones a los residuos peligrosos, que propician un análisis de alternativas de la Environmental Protection Agency (EPA), la cual publica posteriormente manuales de minimización orientadores para el sector industrial, en 1986-1988. En 1990 proyectan la prevención, de sustancias con posibilidades de emitirse al medio antes de finalizar el proceso de producción.

En Europa, la minimización de residuos se inicia en Suecia en 1987, teniendo como precedente algunas medidas protectoras en 1973 y en el marco de las preocupaciones y regulaciones ambientales que surgen ese año. Otros proyectos se desarrollaron con éxito en los países bajos: PRISMA a partir de 1988 y PREPARE en 1995 (Rigola, 1998, Mateo, 2000).

Grandes esfuerzos en pos de mejoras medioambientales se constatan en la última década del siglo XX (Pentón, 2001). Se desarrollan políticas de minimización de recursos y prevención, que tiene como precedente, la culminación de la década anterior con la introducción, en 1989, del concepto de PML por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), quien ha actuado como su promotor y ha incidido en la divulgación de la información relacionada con dicho tema.

Para el año 1994, surge el Programa Internacional de PML creado bajo la iniciativa conjunta del PNUMA y el ONUDI, con el objetivo de desarrollar capacidades nacionales en PML y fomentar el desarrollo industrial sostenible en países subdesarrollados.

En 1998 el PNUMA lanza la Declaración Internacional de PML, firmada por un importante número de países, organizaciones empresariales e instituciones de todo el mundo. En la actualidad Cuba también es signataria de esta Declaración, que tiene como objetivo asegurar el compromiso de los países de adoptar estrategias de PML.

La XIV Reunión de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, realizada en noviembre del 2003 en Panamá, hizo énfasis en el cambio de estándares de producción y consumo para asegurar la protección de los recursos naturales y la sustentabilidad ambiental de la región e incentivó la implementación de acciones de PML y la difusión del concepto de Consumo Sustentable (CS) como estrategias para concretar los cambios.

Durante la celebración del VI Foro Iberoamericano de Ministros de Medio Ambiente realizado en Argentina (septiembre 2006), se firma la Declaración de Buenos Aires, donde se enfatiza en la voluntad de fortalecer el proceso de cooperación a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, equilibrar el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental, de acuerdo con los objetivos de Desarrollo del Milenio y a los compromisos adoptados en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en el 2002. (Serrano, *et al*, 2006).

Según el Lineamiento 133 referente a la Política de ciencia; tecnología, innovación y medio ambiente se debe sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de

recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

## **1.2 Producción Más Limpia**

El cumplimiento ambiental desde la perspectiva de la gestión pública, ha sido abordado en diferentes etapas, iniciando con lineamientos de comando y control, es decir, normas y leyes que plantean límites máximos permisibles y que tienen por objetivo que las empresas cumplan con lo establecido en ellas; otras herramientas propuestas son los instrumentos económicos que tienen por objetivo incentivar en algunos casos el cambio en sus equipos a tecnología amigable con el ambiente, reduciendo a la empresa en la disminución en el tiempo de amortización de los equipos.

El concepto de PML surge como una estrategia de prevención que las empresas grandes, medianas o pequeñas pueden aplicar a sus procesos productivos, orientada al uso eficiente de los recursos naturales, insumos y materias primas; con el objetivo de disminuir tanto los riesgos a la salud humana como al ambiente, y al mismo tiempo mejorar la productividad y competitividad de la empresa.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); (2006) la PML consiste en la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integral a procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia general y para reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. La PML puede ser aplicada a procesos utilizados por cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad. Es un término amplio que comprende conceptos como eco-eficiencia, prevención de contaminación y productividad verde. La aplicación de la PML protege al medio ambiente, al consumidor y al trabajador, mientras mejora la eficiencia industrial, la rentabilidad y la competitividad.

### **1.2.1 Valoración del concepto de PML.**

Según el Diccionario de términos ambientales publicado en Cuba en el 2000, la PML es la práctica de aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva

integrada a los procesos, producciones y servicios para incrementar su eficiencia, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico. (Camacho-Ariosca, 2000, Red Nacional de PML, 2003; PNUMA/IMA, 2003).

Para lo que según coinciden los autores (UNEP-IE, 1994; PNUMA, 1995; Departament de MediAmbient, 2000; Cruz-Pérez de Alejo-Junco, 2001; Red Nacional de PML, 2003), se impone como premisa un cambio de actitud de los hombres implicados en el proceso. Se trata de “revolucionar el proceso desde dentro” y su aplicación debe implicar inexorablemente beneficios económicos. (PNUMA, 1995; Rigola, 1998; Departament de MediAmbient, 2000; PNUMA/IMA, 2003; Red Nacional de PML, 2002; Centro Mejicano para la PML, 2003).

### **1.2.2 Significado de la PML.**

**-La PML para los procesos de producción se puede traducir en:**

- Ahorro de materias primas, agua y energía.
- Eliminación de materiales tóxicos.
- Reducción en cantidad y toxicidad de residuos y emisiones.

**-Para el diseño y desarrollo de productos:**

- Reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final.

**-Para los servicios:**

- Incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios. (Serrano, *et al*, 2006).

### **1.2.3 Beneficios de la PML**

Diversos son los beneficios que brinda la producción más limpia, entre los que se pueden mencionar:

**-Beneficios para la empresa:**

- Incrementa sus beneficios económicos.
- Posibilita el acceso a nuevos mercados.
- Reduce el riesgo de sanciones de la autoridad ambiental.
- Permite la incorporación del concepto de mejoramiento continuo.
- Mejora el control de los costos y la satisfacción de criterios de inversión.

**- Beneficios para los clientes:**

- Muestra mayor confianza con una gestión de la calidad y ambiental demostrable.
- Incrementa la sustentabilidad del producto y su aceptación por el cliente.
- Aumento de la vida útil del producto.
- Mayores cuidados en la disposición final del producto.
- Existe un estímulo para que la empresa piense más en el cliente y reduce el riesgo de esta, de no satisfacer a sus clientes.

**- Beneficios para el medio ambiente:**

- Uso racional de materias primas y otros insumos.
- Conservación de los recursos naturales.
- Disminución y control de los contaminantes
- Armonización de las actividades con el ecosistema. (Serrano, *et al*, 2006).

**1.3 Factores a considerar en la Implementación de las prácticas de PML en Cuba.**

La aplicación de la PML en Cuba si bien está basada en la concepción más utilizada mundialmente tiene sus propias estrategias y principios, los que se

aplican en el presente trabajo y se muestran a continuación (CITMA, 1998; Caraballo, 2006):

- **Mejoramiento de la gestión de producción.**

Contempla la toma de medidas internas que no provocan cambios en los procedimientos de fabricación, sino que mejoran aspectos tales como la organización de la producción, el control de las fuentes de contaminación y el adecuado manejo del agua, materias primas y productos.

*Las medidas internas pueden ser:*

- **Uso eficiente del agua.**

El consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes y concentraciones de los residuales líquidos a manejar y por ende la capacidad y características de los sistemas de tratamiento y disposición final. Para consumir menos agua es necesario cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento.

- **Inventario, almacenamiento y manejo adecuado de los materiales utilizados en el proceso productivo.**

Incluye la compra de materiales cuando se necesite y en las cantidades necesarias, el registro de las fechas de caducidad para el establecimiento de prioridades en el uso, la utilización de contenciones alrededor de tanques, contenedores y equipos del proceso para evitar derrames o fugas, el manejo cuidadoso de los materiales peligrosos y el establecimiento de los procedimientos de eliminación de materiales contaminados o caducados.

- **Separación y tratamiento independiente de los residuales.**

Implica la separación en la fuente de los diversos residuales generados en la instalación, para permitir su manejo diferenciado de acuerdo a su peligrosidad, grado de contaminación y posibilidades de tratamiento y aprovechamiento, reduciendo de esta manera los volúmenes y costos de manejo. Por otra parte, se

facilita la reincorporación de los residuales no contaminados o no diluidos al proceso de producción, o su envío a otro sitio para la recuperación de materiales o sustancias de valor económico.

- **Mantenimiento preventivo y correctivo.**

Consiste en inspecciones regulares, limpiezas, pruebas, y sustitución de partes gastadas o descompuestas, a fin de limitar las posibilidades de fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas de equipos y accesorios, o en la solución inmediata cuando éstos se produzcan, evitando que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento, o se produzcan contaminaciones cruzadas.

- **Reciclaje o reuso de residuales.**

El reciclaje no es más que un proceso que tiene por objeto la recuperación, de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos. La misma permite de forma ventajosa el ahorro de recursos, la disminución de la contaminación. Alarga la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos. Permite ahorrar energía, evita la deforestación, entre otras cosas ayuda a vivir en un mundo más limpio.

Las medidas internas son también un factor de gran importancia para el posible reuso o aprovechamiento de residuales sin afectar al ambiente, la calidad del producto o el proceso receptor de los mismos.

- **Educación y capacitación de los recursos humanos.**

Puede ser la técnica de prevención de la contaminación más elemental, pues es importante que conozcan y entiendan los beneficios económicos, ambientales y sanitarios de lograr una PML. La toma de medidas internas como la aplicación de buenas prácticas de higiene industrial, el control eficiente de los procesos, la eliminación de errores operativos que impliquen la liberación al ambiente de corrientes contaminantes, etc., complementan los impactos positivos que pudieran tener los cambios tecnológicos.

- **Modificaciones en los procesos productivos.**

Muchas veces la toma de medidas internas puede ir acompañada por cambios tecnológicos en el proceso de producción que van a promover el reuso del agua, la sustitución de algunos materiales usados en el proceso y la recuperación de determinadas sustancias que previamente se vertían en los efluentes y que a partir de los cambios se pueden utilizar dentro del mismo proceso tecnológico. En algunas industrias como la química, se considera el cambio tecnológico como la acción fundamental para disminuir la contaminación ambiental.

*Este aspecto contempla:*

a) *Cambios en el proceso.* Consisten en cambiar uno o más procesos o el equipamiento usado en ellos. Pueden tener como resultado la reducción en volumen y/o toxicidad del residual generado. No tienen que ser necesariamente extensos o costosos para implementarse.

b) *Sustitución de materiales.* Comprende los cambios de la materia prima, de composición o uso de un producto intermedio o final o de productos y sustancias tóxicas que se usan en un proceso, con el objetivo de reducir la generación de contaminantes en la fuente.

- **Aprovechamiento económico de residuales.**

Debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de PML en nuestro país.

Aún con la introducción de prácticas de PML se producirán determinados volúmenes de residuales, por lo que resulta necesario agotar las posibilidades de cierre del sistema productivo y tratar éstos como recursos que al aprovecharse, disminuyen simultáneamente la demanda de recursos naturales y las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente.

Para ello se recurre al reciclaje o reuso. El reciclaje comprende la recuperación de aquellos residuales que pueden ser reutilizados, su procesamiento en nuevos productos o materiales y la comercialización, posterior. El procesamiento es lo que

distingue al reciclaje del reuso, pues en el segundo caso los materiales recuperados se vuelven a utilizar posiblemente en la misma forma que antes, sin ser sometidos a complejos procesos de transformación o tratamiento.

El aprovechamiento puede ser en la misma unidad productiva que generó los residuales o en otras instalaciones pertenecientes a otros sectores, por lo que deben crearse lazos funcionales de carácter inter empresarial e intersectorial que garanticen la existencia de una demanda.

- **Controles de salida**

Aunque la tendencia actual es diseñar los procesos productivos y las tecnologías previniendo la producción de residuales en la fuente, no se puede prescindir de la utilización de sistemas de tratamiento de las emisiones contaminantes a la salida de los procesos productivos, que remuevan contaminantes seleccionados y garanticen el cumplimiento de los parámetros de vertimiento o reuso. Estos sistemas reducen la contaminación cuando su funcionamiento es adecuado, pero son soluciones costosas para la sociedad y la industria, que pueden generar problemas. (Serrano, *et al*, 2006).

### **1.3.1 Metodología para la implementación de las prácticas de PML en Cuba.**

La insuficiente atención y control de los problemas ambientales generados por la actividad productiva ha sido identificada como una de las carencias más importantes del quehacer ambiental nacional en los últimos años. Del total de fuentes puntuales de contaminación inventariadas en el país, más del 70% corresponden a instalaciones industriales y agropecuarias, destacando la industria azucarera y sus derivados, la actividad agropecuaria y las industrias básica y alimenticia como los sectores productivos de mayor incidencia en el deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en los diferentes territorios.

En respuesta a esta realidad, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente se ha trazado como objetivo estratégico, la reducción gradual de las cargas contaminantes que se vierten en las cuencas hidrográficas, tomadas como unidades básicas para el trabajo de la gestión ambiental. Para la consecución de

este objetivo resulta imprescindible perfeccionar las prácticas actuales de producción, de forma tal que se garantice un mejor uso de los recursos naturales, materias primas y productos, la minimización y tratamiento adecuado de los residuales o desechos que en ella se generan y el aprovechamiento económico de los mismos, en los casos en que sea factible.

Aunque desde hace años se vienen desarrollando en el sector productivo cubano algunas prácticas dirigidas a mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente, principalmente en las industrias y actividades más contaminantes, su introducción ha sido limitada por factores de diversa índole. Entre ellos, la carencia de recursos materiales y financieros y las dificultades para acceder a tecnologías más limpias, el énfasis de las normativas y sistemas reguladores sobre las emisiones y sistemas de control de la contaminación a la salida del proceso, la inexistencia de normativas tecnológicas y ambientales actualizadas y otros factores subjetivos como la falta de conocimiento a todos los niveles de las organizaciones productivas sobre los beneficios económicos y ambientales de la introducción de prácticas de PML y el insuficiente nivel de exigencia por parte de las autoridades ambientales.

Conforme a lo anteriormente expuesto, el autor considera que resulta necesario diseñar un nuevo enfoque de trabajo en la gestión ambiental en Cuba, que permita introducir y aplicar el concepto de PML de forma integral y sistémica dentro del sector productivo, haciendo énfasis en la prevención de la contaminación, la minimización y el aprovechamiento económico de los residuales, como principales opciones para reducir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente en las condiciones de nuestro país.

#### **1.4 ¿Cómo han sido implementadas algunas técnicas y tecnologías de PML en la evaluación de plantas?**

##### Buenas Prácticas de Producción:

Enfocada básicamente a los sistema de inspección de todos los puntos críticos de la producción y muestreos planificados para reducir las pérdidas de materias,

productos y garantizar la calidad de la producción; los programa de mantenimiento preventivo planificado en todas las áreas, el cual se realiza sistemáticamente y al finalizar cada campaña se hace un mantenimiento general; la disciplina tecnológica con el objetivo de asegurar el eficiente manejo de los recursos; la impartición de entrenamiento a los trabajadores que realizan cada actividad antes de desempeñarse en el puesto de trabajo y es preocupación su superación posterior y la disposición de todas las normativas y medios para cumplir con la higiene y seguridad del trabajador. Además se trabaja en la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad para las producciones de jugos naturales, jugos concentrados y aceites esenciales cítricos, de naranja y toronja, los cuales se han certificado en correspondencia con las normas NC-ISO 9001:2001, certificado por la Oficina Nacional de Normalización; la ISO 9001:2000, certificado por la sociedad certificadora Bureau Veritas con alcance internacional; La Certificación Kosher que abarca la comercialización en el mercado hebreo, incluyendo ventas para los festejos navideños; La certificación por Bio.Inspecta para las producciones ecológicas, las cuales se exportan a precios que sobrepasan en 1.5 los aplicados a los productos convencionales en mercados exclusivos; y los certificados emitidos por la compañía independiente SGF que audita Sistemas de Gestión de la Calidad e Higiene de los Alimentos, con alcance internacional para los productos que se comercializan dentro de la Comunidad Europea.

#### Mejor control del proceso:

Dirigido a la optimización de procedimientos de trabajo, del tiempo de campaña y de la capacidad industrial instalada elevando la eficiencia industrial y el mejor manejo y disposición de los recursos. El control estadístico de los consumos diarios, mensuales y anuales son una herramienta muy importante así como la introducción de otros medios de control como gráficos y tablas cuando no existen equipos de medición han permitido poder definir parámetros de eficiencias y razones de gastos.

**Sustitución de entradas:**

Aunque se sigue procesando la misma materia prima sin embargo se ha establecido un sistema de pago por calidad que garantiza el aprovechamiento de la fruta, la eficiencia del proceso tecnológico y garantiza una mejor calidad del producto. Por otro lado se ha establecido una política definida con respecto a la adquisición de productos y tecnologías amigables con el medioambiente priorizando la compra de productos biodegradables y reciclables. Es importante señalar que estas industrias también se han diversificado con el procesamiento de diferentes frutas tropicales como mango, guayaba, tomate entre otras, aprovechando la infraestructura industrial instalada fuera de la campaña de cítrico.

**Modificación del equipamiento:**

La innovación para el mejoramiento de la tecnología existente ha jugado un papel importante para elevar los rendimientos, la seguridad y calidad de vida del personal que labora en las industrias. Por otro lado la compra de dispositivos para la medición de los recursos energéticos y el agua permite un mejor control de la tecnología y de los costos de producción.

**Cambios tecnológicos:**

A pesar de disponer de algunas tecnologías obsoletas que aún existen, algunos cambios como el de bombas para la obtención de los aceites esenciales exprimidos en frío, así como el de algunos extractores han permitido elevar la producción. La introducción de nuevas líneas de llenado asépticos para las producciones, así como la introducción de líneas para la producción de jugo simple con mejores precios en el mercado internacional, teniendo en cuenta la flexibilidad de estas instalaciones han permitido emplear más eficientemente la tecnología adquirida.

**Recuperación in situ y reutilización:**

Este es uno de los principios de mayor importancia para la reducción de la carga contaminante de los efluentes industriales durante el procesamiento de cítricos y

la reducción de los costos de producción del jugo. La concentración del jugo genera una importante cantidad de agua aproximadamente 200 – 300 l/t de fruta, incluso en los primeros efectos del concentrador el agua tiene un contenido energético que puede ser utilizado en diferentes procesos como la alimentación de la caldera, la dilución de la sosa cáustica, durante la propia limpieza tecnológica y el lavado de las frutas entre otros usos, reduciendo el consumo de portadores energéticos y el consumo de agua potable al mismo tiempo.

#### Producción de subproductos útiles:

Aunque en la industria nacional actualmente todos los subproductos no se obtienen durante la producción del jugo se están haciendo estudios y trabajando en la puesta en marcha de algunas tecnologías para este fin. Durante la industrialización del cítrico se genera una importante cantidad de subproductos como son los aromas, las esencias, las celdillas, el concentrado de lavado de pulpa, la pectina, el hollejo, entre otros. La exportación de la celdilla o pulpa podría aportar el 80% del precio del mercado del jugo para la economía de la industria y reducir la carga contaminante al eliminar los sólidos de los efluentes. Otra práctica, por la cual se obtendría más jugos con menos cantidad de frutas es adicionando la primera agua del lavado de la pulpa (corriente residual) al proceso de concentración. Por otro lado, durante el proceso de evaporación es posible la recuperación de los aromas y esencias con valor en el mercado. El hollejo, como subproducto, tanto en forma húmeda como seca es aprovechado como un suplemento alimenticio para el ganado vacuno con un valor prácticamente equivalente al 80% del maíz.

#### Modificación del producto:

Este principio es también aplicable a la industria del cítrico empleando la diversificación de las producciones a otras bebidas como refrescos, néctares, incluso jugos mezclados en envases más pequeños.

Eficiencia energética:

El uso eficiente de los portadores energéticos durante el procesamiento industrial de cítricos constituye una de las principales razones para trabajar en lograr el manejo de los recursos energéticos y reducir uno de los principales gastos para la empresa. (Manual de producción más limpia en el Sector Industrial Citrícola, 2006)

**1.5 Orígenes de la red nacional de producción más limpia.**

En Cuba, la Red Nacional de PML (RNPML) fue establecida en mayo del 2001 también dentro del marco del Programa Internacional de PML desarrollado por ONUDI y con el apoyo financiero del Gobierno de Austria y actualmente forma parte de la Red Latinoamericana. Comenzó con tres puntos focales establecidos en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA), el Instituto de Investigaciones para los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y el Centro de Información y Gestión de Educación Ambiental (CIGEA-AMA) pertenecientes a los ministerios de la Industria Alimenticia, la industria Azucarera y la Agencia de Medio Ambiente respectivamente. A mediados del 2003 se incorpora el Punto Focal que radica en el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) y pertenece al Ministerio de la Agricultura y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB).

Los puntos focales son los responsables de la ejecución de asesorías completas de PML, el apoyo técnico a los sectores industriales, productivos y de servicio así como la promoción de inversiones y la transferencia de tecnología. Como otra de sus funciones está la preparación de expertos nacionales para los diferentes sectores económicos. (Manual de producción más limpia en el Sector Industrial Citrícola, 2006).

**1.6 PML y agua en la industria y los servicios**

El agua constituye 70 % de nuestro planeta y se encuentra dispersa en los océanos, ríos, lagos y casquetes polares. Del total de agua que existe en el mundo, sólo se puede utilizar 0,35 % para consumo humano.

Los problemas relacionados con el agua han sido reconocidos como las amenazas más serias e inmediatas a la humanidad. Mientras que en algunos lugares se puede obtener con facilidad agua limpia y fresca, en otros es un recurso difícil, debido a su escasez o a la contaminación de sus fuentes. Aproximadamente 1 100 millones de personas, es decir, 18 % de la población mundial, no tiene acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2 400 millones de personas carecen del saneamiento adecuado.

La sobreexplotación del agua en la agricultura, la industria y su uso doméstico, así como la contaminación y el impacto directo que sobre ella tiene el calentamiento global, incrementan el llamado estrés hídrico, dado por la falta de disponibilidad del líquido. (Serrano, *et al*, 2006)

### **1.6.1 Sistema de generación y distribución de vapor**

Es importante prestarles atención a los sistemas de generación de vapor en las industrias, la mayor parte de las mejoras están en la operación y mantenimiento del sistema de distribución y consumo. En estas áreas normalmente se tienen fugas y equipos funcionando de forma inadecuada. Pero la PML también se asegura que este vapor sea eficientemente utilizado en los equipos tecnológicos. (Serrano, *et al*, 2006).

### **1.7 La Industria Procesadora de Cítricos en Cuba.**

En 1968 se inicia un programa de desarrollo cítrico destinado al mercado de los países socialista, sin embargo con el derrumbe de este bloque en el período entre 1990 y 1994 comienza una crisis en la cadena productiva de cítrico produciéndose un cambio en el destino de las producciones y orientándose la revisión y redimensionamiento del programa nacional.

Actualmente la agroindustria cítrica está dentro del Grupo Empresarial Frutícola (GEF) y este dentro del Ministerio de la Agricultura. Se cuenta con una extensión de 53 mil ha de cítricos con un rendimiento medio de 15.7 t/ha para una producción de alrededor de 800 mil de toneladas al año. La composición del cítrico se distribuye de la siguiente manera, el 5% corresponde a la producción de

limones, el 21% a toronja y el 69% a la naranja. Entre sus principales destinos está como fruta fresca el 4%, el consumo nacional con 12% y a la industria el 83%. Prácticamente el 80% de la producción nacional se destina al mercado externo fundamentalmente Europa.

Las empresas cítrícolas dentro de este sistema reciben y otorgan a los productores el financiamiento corriente en divisas, importan los insumos necesarios y compran la mayor parte de la producción a las cooperativas y productores privados. Este sistema también incluye 4 plantas de procesamiento industrial. Todas las exportaciones se realizan a través de la empresa Cítricos Caribe S.A. (Manual de producción más limpia en el Sector Industrial Cítrícola, 2006)

### **1.7.1 Principales problemas ambientales de la industria procesadora de cítrico en Cuba.**

La industria de cítrico puede considerarse como una fuente importante de contaminación líquida y sólida y de emisiones a la atmósfera si no se mantiene una adecuada disciplina tecnológica y un eficiente manejo de todos sus recursos. El vertimiento de residuales cítricos sin previo tratamiento, provoca graves trastornos al Medio Ambiente al contaminar severamente las aguas superficiales y subterráneas, producir emanaciones de metano a través de la tierra, proliferar insectos, vectores y malos olores por el vertimiento de los residuos industriales sin previo tratamiento y se intensifican las enfermedades respiratorias. Además provoca erosionabilidad en los suelos y por su efecto ácido, se desarrollan cultivos con síntomas de enanismo y toxicidad en las zonas afectadas.

Producir y mantener el respeto con el medio ambiente es una prioridad para las industrias procesadoras de cítricos por estar enclavadas en zonas de importancia estratégica para el país como es la Cuenca del Cauto en Contramaestre y ser el destino final de los efluentes industriales el Río Cuyaguaje en Pinar del Río, la Ciénaga de Zapata en Matanzas y la Laguna de la Leche en Ciego de Ávila.

Entre los principales impactos que puede generar la industria se tienen:

- Modificación de la calidad de los suelos por el vertimiento de residuos sólidos (hollejos) sin previo tratamiento. La acidez de este producto produce erosión en los suelos en que son vertidos estos residuos con una recuperación muy lenta una vez detenido el impacto.
- Aprovechamiento de terrenos improductivos con la aplicación del bioabono procedente de las plantas de tratamiento de residuales líquidos.
- Incremento de los niveles de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por la disposición de residuales líquidos sin adecuado tratamiento.
- Deterioro de la calidad de las aguas superficiales por el alto contenido de coliformes totales y fecales de las aguas vertidas al cuerpo receptor.
- Pérdida de la biodiversidad biológica por el vertimiento de los residuos sin tratar al ecosistema
- Modificación del paisaje natural por las nuevas inversiones realizadas además de la disposición de nuevos terrenos para el autoconsumo y áreas verdes.
- Generación de empleos y oportunidades económicas.
- Fomento de comercio y servicios
- Aumento de la población en la periferia con el surgimiento de barrios espontáneos.
- Estimulación al desarrollo industrial.
- Desprendimiento de metano por la digestión anaerobia de los residuales líquidos.
- Utilización de refrigerantes agotadores del ozono.
- Agotamiento del recurso agua por el exceso de su consumo durante el procesamiento industrial.

**Entre las causas que originan los principales problemas ambientales encontramos:**

- El poco aprovechamiento de todos los subproductos de las industrias como las celdillas y pulpas aumentando la carga contaminante de los efluentes industriales.

- No se mantiene una eficiente disciplina tecnológica para evitar el vertimiento de residuos sólidos groseros y tóxicos a las plantas de tratamiento.
- Generalmente no se realiza un adecuado uso ni reuso de las aguas que se generan en el proceso productivo ni se desagregan las corrientes de la industria para disminuir el volumen y la carga contaminante de sus residuos.
- No se tiene instalado en muchas industrias el sistema para recircular las aguas amarillas en el proceso productivo con el objetivo de aumentar los rendimientos de aceite esencial y disminuir este tóxico de los sistemas biológicos de depuración.
- Aunque se han establecido contratos para la recogida del hollejo húmedo por las empresas ganaderas, aún existen problemas con su recogida y disposición provocando paradas innecesarias en la industria y contaminación en las zonas que son vertidos. (Manual de Producción Más Limpia en el Sector Industrial Citrícola, 2006).

### **1.7.2 La PML en el sector industrial cítrico**

La PML comienza a aplicarse en el sector industrial cítrico a partir de un análisis de condiciones objetivas y la necesidad de:

- Reducir los costos de producción a través del uso más eficiente de las materias primas, la energía, el agua y los materiales auxiliares, todos insumos con alto precio en los mercados nacionales e internacionales.
- Buscar nuevos mercados para las producciones.
- Gestionar la rápida recuperación de las nuevas inversiones sin elevar los indicadores de consumo en la búsqueda de la diversificación de las producciones, ni afectar al personal y la infraestructura industrial existente.
- Aprovechar con mejor eficiencia la capacidad técnica e intelectual del personal administrativo, técnico y obreros de la industria.
- Lograr altos niveles de conciencia en los directivos y trabajadores para reducir el impacto ambiental de las producciones, asegurando

sistemáticamente el cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes.

- Crear incentivos para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores.
- Incrementar la motivación de los trabajadores para introducir innovaciones en la recuperación de productos, disminuir los costos de producción, contribuir a elevar los salarios y la reducción de los riesgos laborales.
- Elevar el nivel cultural y la autoestima de los trabajadores al estimularlos a participar en entrenamientos, cursos de capacitación, conferencias y foros.
- Aprovechar las condiciones y bases creadas en el país para optar por reconocimientos y premios nacionales e internacionales de certificaciones ambientales y de calidad.
- Mejorar la imagen empresarial y su relación con los clientes y la comunidad circundante. (Manual de Producción Más Limpia para el sector Industrial Citrícola, 2006).

**Conclusiones:**

1. Con la aplicación de la PML se facilita el trabajo de minimización de la contaminación del medio ambiente, aumenta la calidad en los productos terminados y mejora la eficiencia de las empresas.
2. Existen grandes posibilidades de ahorrar recursos y disminuir los impactos desfavorables al medio ambiente desarrollando y poniendo en práctica una serie de metodologías que se han creado para este fin.
3. La industria del cítrico provoca una carga contaminante considerable por lo que la implementación de la PML es una necesidad.

## **Capítulo 2: Materiales y métodos**

### **2.1 Identificación de fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón”.**

En esta investigación se realiza la evaluación de las fuentes que generan impactos ambientales en el proceso productivo en la UEB. Se identifican y valoran cualitativamente las fuentes de impacto ambiental y se propone un plan de acciones compuesto de medidas correctoras, así como un programa de monitoreo.

Para la determinación de las fuentes de Impacto Ambiental se siguen las siguientes etapas:

#### **1. Diagnóstico:**

En esta etapa se realiza la caracterización de la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón”, abarcando su ubicación, composición y estructura actual. Además se describen las condiciones climáticas y características del área donde se ubica la entidad.

#### **2. Pronóstico:**

Se identifican y valoran las fuentes de impacto ambiental derivadas del proceso productivo en general y se determinan los impactos negativos que ejercen mayor influencia en la entidad.

#### **3. Control**

Se indican las medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos de la actividad productiva de la UEB, los que se recogen en un Plan de acción, donde se identifican el plazo para realizarse y el responsable de su ejecución.

#### **4. Monitoreo.**

Se establece un programa de monitoreo sistemático, que garantiza el control continuo de los parámetros y Normas Cubanas que establecen los límites permisibles para la descarga de residuales líquidos a cuerpos receptores.

#### **2.2 Metodología para identificar los focos que generen opciones de PML.**

El principal objetivo de una evaluación de PML es obtener la identificación y evaluación de oportunidades que minimicen la producción de todo tipo de residuos y emisiones además utilizar los recursos del modo más eficiente posible.

La metodología de PML desarrollada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) está integrada por 5 fases y cada una de ellas contempla varias actividades.

Fase I: Planeación y organización.

Fase II: Evaluación previa.

Fase III: Evaluación.

Fase IV: Estudios de factibilidad.

Fase V: Implantación.

##### **2.2.1 Fase I: Planeación y organización.**

Los cuatro objetivos fundamentales que corresponden a esta etapa son:

- Involucrar y obtener el compromiso de la dirección.
- Establecer el equipo conductor del proceso.
- Definición de objetivos parciales y finales (metas de PML)

Los objetivos pueden ser definidos en términos cualitativos, pero siempre que sea posible es preferible cuantificarlos. De igual forma es importante llevar a cabo revisiones periódicas de los objetivos, de acuerdo con los resultados que

se vayan obteniendo. Algunos criterios a considerar en la formulación de los objetivos o metas son:

- ✓ Efectos en la salud.
- ✓ Metodología de disposición final de residuos.
- ✓ Incremento en la productividad.
- ✓ Emisiones contaminantes al aire, agua y/o suelo.
- ✓ Costo por confinamiento de residuos y/o emisiones.
- ✓ Condiciones de operación y proceso.
- ✓ Costos por consumos de materias primas y energéticos.
- Identificar barreras y soluciones.

Las principales barreras que pueden encontrarse son las siguientes:

- ✓ Actitud pesimista del personal y de la dirección.
- ✓ Falta de comunicación interdepartamental.
- ✓ Problemas económicos.
- ✓ Carencia de información tecnológica.

Algunas actividades recomendadas para superar las barreras son:

- ✓ Sensibilización de los beneficios económicos y ambientales.
- ✓ Presentación de estudios de caso de proyectos anteriores y los éxitos conseguidos con ellos.
- ✓ Recopilación de innovaciones tecnológicas de otras empresas del mismo sector.
- ✓ Presentación de resultados de evaluaciones económicas y ambientales de las actuales condiciones de producción en la empresa.

### **2.2.2 Fase II: Evaluación previa.**

En esta etapa se realizará una inspección visual en las diferentes líneas de producción, con el único propósito de concretar las condiciones de operación, mantenimiento y limpieza de las instalaciones y de esta forma especificar donde evaluar las opciones de PML. Los objetivos fundamentales para llevar a cabo esta etapa son:

- Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.
- Identificación de las entradas y salidas de materias primas y auxiliares, incluyendo agua y energía; y su posición en el diagrama de procesos.

Se han de identificar todas las entradas de materias primas y auxiliares, incluyendo agua y energía, y su posición en el diagrama de proceso.

- Identificación de los destinos finales.
- Determinación de los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado y de reutilización.
- Realización de una inspección visual sobre el terreno.

### **2.2.3 Fase III: Evaluación.**

Esta fase es donde se lleva a cabo la metodología para el desarrollo de las opciones de PML y para ello se hace necesario seguir los siguientes aspectos que se deben tener en cuenta para la elaboración de esta etapa.

- Completar los balances de materia y energía.

Los balances de materia y energía sirven para estimar los costos de operación del proceso o bien determinar las entradas y salidas no cuantificadas.

- Investigar el potencial de segregación de las corrientes.
- Evaluar las causas

Una vez elaborado el balance de materia y energía, este debe de ser utilizado como la herramienta básica para proporcionar las respuestas necesarias del ¿Por

qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto? se generan dichas emisiones y residuos o de cualquier otra situación de interés para el equipo.

Con esta base pueden ser determinadas que variantes hay que cambiar y/o modificar para lograr una adecuada actividad productiva. Estas variantes pueden deberse a diversos factores tales como:

1. Causas Relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva:

- ✓ Calidad de materias primas
- ✓ Escasez de materiales
- ✓ Sistema de administración de compras
- ✓ Inadecuado almacenamiento

2. Causas relacionadas con la tecnología:

- ✓ Falta de mantenimiento e inadecuada operación
- ✓ Mal Diseño del Proceso o del equipo.
- ✓ Mala Disposición de las Instalaciones.
- ✓ Tecnología obsoleta.

3. Causas relacionadas con las prácticas operativas:

- ✓ Falta de Personal calificado.
- ✓ Desmotivación de los empleados.

4. Causas relacionadas con los residuos.

- ✓ No se tiene un programa de reuso o reciclaje.
- ✓ No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de residuos.
- Generar opciones de PML.

Una vez que se conocen las fuentes de generación de residuos y emisiones; así como las fuentes de desperdicios de materias primas y energéticos se inicia la búsqueda de medidas correctivas.

- Seleccionar las opciones de PML

Una vez que han sido generadas las opciones de PML, estas deben ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad, etc.

#### **2.2.4 Fase IV: Estudios de factibilidad.**

En esta etapa se efectuará una evaluación económica con la finalidad de determinar si las opciones a implantar son adecuadas ofreciéndole ganancias a la empresa.

Además se realiza una evaluación ambiental destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energéticos, consumo de materia prima, etc.

#### **2.2.5 Fase V: Implantación.**

La implantación de las opciones de PML exige de un plan de aplicación de las PML el cual presenta los resultados de cada etapa y proyecta un plan de acción para alcanzar las mejoras identificadas en la empresa.

Un plan de aplicación consiste en la organización de los proyectos requeridos para llevar a cabo las opciones, la movilización de los fondos, recursos humanos y logísticos necesarios. El entrenamiento, la supervisión y el establecimiento de un sistema de gestión también son a menudo componentes importantes de un plan de aplicación. El plan de aplicación debe definir claramente el tiempo, las tareas y las responsabilidades.

Un buen diseño y selección de los indicadores propiciará la eficiencia del plan y de la gestión de los recursos.

### **2.3. Metodología para el desarrollo de opciones de PML.**

Esta metodología la brinda la ONUDI para evaluar y calcular opciones de PML en procesos industriales, según (ONUUDI, 2006)

**Situación actual**

Se expone cual es la situación que presenta en el momento del análisis el lugar donde se va a implementar la opción en cuestión.

**Recomendación.**

Debe contemplar concretamente la opción a desarrollar.

**Cálculos necesarios**

En este punto se realizan los cálculos pertinentes para determinar los valores de los parámetros de mayor significación.

**Análisis económico**

Se determinan costos, ahorro económico, inversión para implantar la opción, así como otros parámetros de interés.

**Impacto ambiental**

Se analiza como beneficia al medio ambiente la opción generada.

**2.4 Ecuaciones para el cálculo de las opciones de PML.**

**2.4.1 Metodología para la selección de la bomba. (Balance de mecánica de fluido).**

Para el cálculo de la carga de la bomba se utiliza la ecuación de balance mecánico de Bernoulli, siguiendo la metodología que se presenta a continuación.

$$\frac{P_1}{\rho_1 * g} + Z_1 + \frac{\alpha_1 * (v_1)^2}{2 * g} + Hb = \frac{P_2}{\rho_2 * g} + Z_2 + \frac{\alpha_2 * (v_2)^2}{2 * g} + \sum Hf \quad (2.1)$$

Donde

P<sub>1</sub>: presión que hay en donde está ubicado el punto #1, Pa.

$\rho_1$ : densidad del fluido en el punto # 1 a la temperatura en el tanque colector de la estación,  $\text{kg/m}^3$ .

$g$ : valor de la aceleración de la gravedad,  $\text{m/s}^2$ .

$Z_1$ : altura, m.

$\alpha_1$ : factor de corrección de energía cinética en el punto # 1.

$v_1$ : velocidad que hay en donde está ubicado el punto # 1, m/s.

$H_b$ : carga de la bomba, m.

$P_2$ : presión que hay en donde está ubicado el punto # 2, Pa.

$\rho_2$ : densidad del fluido en el punto # 2 a la temperatura en el tanque de alimentación a caldera,  $\text{kg/m}^3$ .

$Z_2$ : altura, m.

$\alpha_2$ : factor de corrección de energía cinética en el punto # 2.

$v_2$ : velocidad que hay en donde está ubicado el punto # 2, m/s.

$\Sigma H_f$ : pérdidas por fricción en tuberías, m.

#### **2.4.2 Cálculo de las pérdidas en tuberías y accesorios. ( $\Sigma H_f$ )**

En tuberías:

1. Obtener el valor del diámetro y la longitud de la tubería (m).
2. Determinar el valor del área por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (2.2)$$

Donde

A: área,  $\text{m}^2$ .

$\pi$ : constante matemática.

d: diámetro de la tubería, m.

3. Conociendo el flujo volumétrico se obtiene el valor de la velocidad para calcular el Reynolds y así determinar el régimen en que se encuentra el fluido para conocer el factor de fricción y el factor de corrección de energía cinética ( $\alpha$ ). Se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = v * A \quad (2.3)$$

Despejando se obtiene que:

$$v = \frac{q}{A}$$

Donde:

q: flujo volumétrico, m<sup>3</sup>/s.

v: velocidad del fluido por la tubería, m/s.

A: área, m<sup>2</sup>.

$$Re = \frac{\rho * d * v}{\mu} \quad (2.4)$$

Re: número adimensional de Reynolds.

$\rho$ : densidad del fluido en tuberías, kg/m<sup>3</sup>.

v: velocidad del fluido en tuberías, m/s.

d: diámetro de la tubería, m.

$\mu$ : viscosidad del fluido en tuberías, Pa\*s.

4. Para hallar el factor de fricción se necesita el tipo de régimen, el diámetro de la tubería y los valores de rugosidad en tubos.

5. Después de obtenido el factor de fricción se calculan las pérdidas por fricción en tuberías por la siguiente ecuación:

$$Hf_t = \frac{f * v^2 * L}{d * 2g} \quad (2.5)$$

Donde:

Hf<sub>t</sub>: pérdidas por fricción en tuberías, m.

f: factor de fricción.

v: velocidad del fluido, m/s.

L: longitud de la tubería, m.

d: diámetro de la tubería, m.

g: valor de la aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

6. El valor de los coeficientes de resistencias locales (k) se encuentra en la literatura consultada (Rosabal, 2006).

7. Teniendo los coeficientes de resistencias locales se calculan las pérdidas por fricción por accesorios. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Hf_{acc} = \Sigma k * \left( \frac{v^2}{2 * g} \right) \quad (2.6)$$

Donde:

Hf<sub>acc</sub>: pérdidas por fricción por accesorios, m.

k: valor de coeficientes de resistencias locales.

v: velocidad del fluido, m/s.

g: valor de la aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

Se calculan las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios antes y después de la bomba siguiendo la metodología anterior y utilizando los datos que le correspondan.

8. Se calculan las pérdidas por fricción totales por la siguiente ecuación:

$$\Sigma Hf_{\text{totales}} = (Hf_t + Hf_{\text{acc}})_{\text{antes de la bomba}} + (Hf_t + Hf_{\text{acc}})_{\text{después de la bomba}} \quad (2.7)$$

$\Sigma Hf_{\text{totales}}$ : pérdidas por fricción totales en las tuberías de la instalación, m.

### 2.4.3 Cálculo de la carga de la bomba.

Se analiza la ecuación del balance mecánico por términos y se despeja la carga de la bomba obteniéndose:

$$Hb = Z_2 + \Sigma Hf + \left[ \frac{P}{g} * \left( \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1} \right) - Z_1 \right]$$

Donde:

Hb: carga de la bomba, m.

$\Sigma Hf$ : pérdidas por fricción, m.

$Z_2$ : altura, m.

P: presión, Pa.

g: valor de la aceleración de la gravedad,  $m/s^2$ .

$\rho_1$ : densidad del fluido en el punto # 1 a la temperatura en el tanque colector de la estación,  $kg/m^3$ .

$\rho_2$ : densidad del fluido en el punto # 2 a la temperatura en el tanque de alimentación a caldera,  $kg/m^3$ .

$Z_1$ : altura, m.

#### 2.4.4 Cálculo del NPSH del sistema

Para comprobar uno de los criterios de selección de la bomba se calcula el  $NPSH_{sistema}$  por la siguiente ecuación, y se compara con el de los datos de chapa de la bomba.

$$NPSH_{sistema} = \frac{P_3 - P_v}{\rho * g} \quad (2.8)$$

Donde:

$NPSH_{sistema}$ : carga neta de succión positiva del sistema.

$P_3$ : presión de entrada a la bomba, Pa.

$P_v$ : presión de vapor, Pa.

$\rho$ : densidad del fluido, kg/m<sup>3</sup>.

$g$ : valor de la aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

Para calcular  $P_3$  se hace un balance mecánico antes de la bomba, manteniendo el flujo volumétrico, diámetro de la tubería y accesorios.

$$\frac{P_1}{\rho * g} + Z_1 + \frac{\alpha * (v_1)^2}{2 * g} + Hb = \frac{P_3}{\rho * g} + Z_3 + \frac{\alpha * (v_3)^2}{2 * g} + \sum Hf \quad (2.9)$$

Se calculan las pérdidas por fricción siguiendo la metodología planteada anteriormente, difiriendo en que no se calcula ningún valor después de la bomba ya que esta no existe en este nuevo balance. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Hf_{totales} = Hf_t + Hf_{acc} \quad (2.10)$$

Despejando del balance mecánico se obtiene la siguiente expresión:

$$P_3 = \rho * g * \left[ \left( \frac{P_1}{\rho * g} \right) + Z_1 - \left( \frac{\alpha * (v_3)^2}{2 * g} \right) - Z_3 - \sum Hf \right]$$

$P_3$ : presión en la tubería, Pa.

$\rho$ : densidad del agua de condensados a 90°C, kg/m<sup>3</sup>.

$g$ : valor de la aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.

$P_1$ : presión en el tanque colector de la estación, Pa.

$v_3$ : velocidad en la tubería, m/s.

$Z_1$ : altura donde está ubicado el punto #1, m.

$Z_3$ : altura donde está ubicado el punto #3, m.

$\Sigma H_f$ : pérdidas por fricción totales, m.

$\alpha$ : factor de corrección de energía cinética.

## **Capítulo 3: Cálculo y evaluación de las opciones de PML.**

### **3.1 Identificación y valoración de las fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.**

Como una primera etapa de aplicación de la PML se procede a la organización y planeación del sistema objeto de estudio, lo que permite realizar en esta etapa la identificación y valoración de las fuentes de impacto ambiental producidas en la entidad.

El trabajo se divide en varias etapas como son:

- Caracterización del entorno.
- Descripción de los diferentes procesos de la fábrica.
- Identificación de los impactos.

#### **Localización, condiciones naturales y socioeconómicas del entorno donde está enclavada la entidad.**

- ✓ Ubicación de la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.

La empresa se encuentra ubicada en el centro Sur de la Provincia de Matanzas aproximadamente a 900 m de la Autopista Nacional y la posición geográfica es exactamente 22°31'40" de LN y 81°7'40" de LW a 10 m de altura sobre el nivel del mar.

El entorno de esta empresa está compuesto de la siguiente manera: al noroeste se encuentra el Batey "El Vivero" de aproximadamente 60 viviendas y también en esa dirección a 1 Km los envasaderos de Fruta Fresca Jagüey 1 y Jagüey 2 que constituyen fuentes de contaminación. Al norte se encuentra el Hospital Municipal Iluminado Rodríguez y la ciudad de Jagüey Grande que posee tres lagunas de oxidación, todas rehabilitadas. Al sur cruzando la Autopista se encuentra un punto de ventas RUMBOS y un servicentro ORO NEGRO. En el suroeste de la empresa existen viviendas dispersas.

- ✓ Desempeño básico de la entidad.

La misión de la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón, es producir jugos concentrados congelados y simples de frutas cítricas así como sus derivados, de

manera que éstos satisfagan las necesidades siempre crecientes del cliente, con el sabor, color y aroma exclusivos de Jagüey Grande.

La visión es que la empresa se consolida como una organización altamente eficiente y competitiva, capaz de procesar con eficiencia los volúmenes de fruta a recibir, los productos son referencia en el mercado nacional y en el exterior por su calidad, color y sabor, así como por el beneficio que le reporta a los clientes. Sus niveles de ventas crecen y con ello las utilidades, todo basado en una empresa moderna, diversificada y solvente.

Las buenas prácticas de producción están bien establecidas y se llevan a cabo por parte del personal. Todos los procesos y actividades de la empresa se encuentran descritos en los procedimientos normalizativos de organización siendo este sistema comprobado en auditorias trimestrales.

### **3.2 Aplicación de la Metodología de PML.**

#### **3.2.1 Etapa I. Planeación y organización.**

La Gestión Ambiental en el centro está enfocada principalmente a los procesos productivos, pero con enfoque de sistemas que incluye el desempeño de toda la empresa en cuanto a resultados en la producción, índices de consumos, rendimientos, indicadores económicos, atención al hombre, con el objetivo de reducir o mitigar los impactos negativos que generan las actividades que se llevan a cabo en la empresa y así proteger el medio ambiente y preservar los recursos naturales.

Todos los trabajadores de la empresa de forma general están involucrados en esta actividad, el Director General de la empresa es el responsable de la Gestión Ambiental, y se apoya en un grupo de personas ligadas a diferentes direcciones de la empresa que forman el Grupo de Gestión Ambiental. Se cuenta además con dos expertos en PML, uno pertenece al grupo de gestión ambiental y otro es el Director de la UEB de mantenimiento y reparaciones, los cuales asesoran y orientan el trabajo de la empresa en las acciones para lograr buenas prácticas de

producción, tecnologías sanas en armonía con el medio ambiente, sustitución de importaciones, aumento de exportaciones, ahorro de portadores energéticos, etc.

Existe el Sistema de Gestión Ambiental en la empresa y los elementos que conforman al mismo están bien definidos, están determinados todos los impactos que el proceso causa al medio ambiente y actualmente se trabaja en la evaluación más detallada de cada uno de ellos:

**Tabla 3.1 Identificación y valoración de impactos ambientales.**

<i>Actividad</i>	<i>Aspecto asociado</i>	<i>Impacto ambiental</i>	<i>Carácter del impacto</i>	<i>Valoración del impacto</i>
<b>Procesamiento de frutas tropicales como mango guayaba tomate, piña y frutas para la producción de Jugos Naturales, Concentrados, y otros</b>	Consumo de fuel oil	Aumento de gastos para la economía nacional	Negativo	Moderado
		Emanaciones de gases a la atmósfera	Negativo	Bajo
	Consumo de energía eléctrica	Aumento de gastos para la economía nacional	Negativo	Moderado
	Consumo de agua	Reducción de la disponibilidad del recurso	Negativo	Moderado
	Generación de ingresos	Contribución a la economía nacional	Positivo	Elevado

<b>subproductos.</b>	Empleo de mano de obra local	Mejora de la situación socioeconómica local	Positivo	Elevado
	Generación de residuales	Contaminación de las aguas y los suelos	Negativo	Elevado

Fuente: Elaboración propia.

La Gestión Ambiental está enfocada principalmente a los procesos productivos, pero con enfoque de sistemas que incluye el desempeño de toda la empresa en cuanto a resultados en la producción, comportamiento de los principales indicadores económicos, se realizan diagnósticos para declarar los principales problemas y se define cual es la Política Ambiental de la empresa, objetivos y metas ambientales.

La actividad medio ambiental pone en vigor el concepto de PML llevando a cabo una estrategia preventiva, integrada a los procesos, para incrementar la eficiencia de los mismos, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y así lograr la sostenibilidad del desarrollo económico. Se realizan con frecuencia los talleres nacionales de PML con la participación activa de un grupo de técnicos, y esta empresa forma parte del Punto Focal del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Se han realizado levantamiento en planta y diagnósticos, se han identificado opciones de implementación de PML que se han llevado a cabo y se han evaluado formando parte incluso del Manual de PML de la industria cítrica en Cuba.

### **3.2.2 Definición de los elementos componentes del Sistema de Gestión Ambiental (política, objetivos y metas ambientales)**

#### **Política Ambiental:**

Aumentar el bienestar y el sentido de pertenencia de todos los trabajadores, y comprometerlos a alcanzar altos volúmenes de producción con elevada eficiencia, calidad y ahorro de portadores energéticos, en armonía con el medio ambiente, en aras de lograr un desarrollo sostenible.

#### **Objetivos estratégicos:**

- Usar eficientemente el agua, materias primas, productos e insumos
- Minimizar y manejar adecuadamente los residuales líquidos, sólidos y emisiones gaseosas.
- Reducir las cargas contaminantes emitidas al medio ambiente.
- Aprovechar económicamente los residuales con potencialidad para ello.
- Establecer una política de compras de tecnologías y productos amigables con el medio ambiente.
- Educar y capacitar en temas ambientales al capital humano y exhortarlo a participar en las soluciones a los problemas ambientales de la entidad.

#### **Metas ambientales:**

- Disminuir el volumen de agua por unidad de producto en un 20 % y por tanto reducir la generación de aguas residuales en el año.
- Disminuir el consumo de energía eléctrica por unidad de producto en un 12 % en el año.
- Disminuir en un 15 % el valor de la carga contaminante en aguas residuales.
- Aumentar la eficiencia energética disminuyendo el índice de consumo de combustible convencional por unidad de producción terminada en un 10 %.
- Disponer del monto de inversiones para la solución de problemas ambientales.
- Garantizar que más del 95% de las compras sean de tecnologías y productos amigables con el medio.

- Reducir en un 10% los equipos que utilizan sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- Capacitar al 100% de los trabajadores en temas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente y la importancia de la implementación de PML.

#### **Indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos ambientales:**

El logro de los objetivos se puede medir a través de indicadores predeterminados de desempeño ambiental tales como:

- Disponibilidad de información actualizada sistemáticamente sobre los principales problemas ambientales de la entidad.
- Incremento del grado de participación de los trabajadores en la gestión ambiental de la entidad.
- Porcentaje de minimización de la generación de residuales logrado en una unidad de tiempo.
- Porcentaje de reducción de carga contaminante emitida al medio ambiente alcanzado en una unidad de tiempo.
- Consumo de materias primas, productos, agua o energía por unidad de producto.
- Residuales producidos por cantidad de producto terminado.
- Inversiones realizadas para la protección ambiental.

### **3.2.3 Etapa II. Evaluación del sistema objeto de estudio.**

#### **3.2.3.1 Descripción tecnológica del proceso productivo completo.**

Las frutas son transportadas desde el frente de cosecha a través de camiones hasta la industria, luego se procede a su pesaje en el basculador, continuando hasta el área de recepción donde se descargan, en este sitio es tomado al azar una muestra de tres unidades independientemente del volumen y la especie, para analizar algunos parámetros de calidad de las frutas, se determina el brix, índice de madurez, acidez, distribución de calibre y contenido de jugo. Desde el área de descargue son transportadas y elevadas por cintas transportadoras y elevadores

de cangilones hasta los silos pasando por una mesa de preselección donde son separadas las piedras, palos, pedúnculos, ramas con hojas que puedan aparecer. Después de un almacenamiento temporal en los silos, la fruta es trasladada por cintas transportadoras hasta las tres líneas de trabajo, cada una constituida por:

Una lavadora, en este equipo las frutas son lavadas con agua tratada con hipoclorito de sodio, el contenido de cloro en el agua tiene que ser de 0.5 – 1.0 p.p.m para eliminar posibles bacterias o microorganismos presentes en las frutas. El recorrido continúa, elevando las frutas por un elevador de cangilones hasta la tolva de alimentación a la mesa de selección donde son separadas las frutas no aptas para el procesamiento, en mal estado, muy sucias, etc. Después pasan por una máquina de calibración o calibradora que está acoplada a la mesa de selección, esta operación se realiza con el fin de separar la fruta en tres calibres o tamaño y así facilitar la correcta extracción del jugo.

Los grupos de frutas calibradas se distribuyen en las cintas que alimentan los extractores, las que están divididas longitudinalmente de acuerdo al diámetro de las copas, que coinciden con el calibre de las frutas que le llega, cuando el extractor está a máxima capacidad las frutas sobrantes no son asimiladas por él, por lo que regresan a las tolvas mediante cintas transportadoras que se llaman cintas de retorno. Los extractores están divididos en tres líneas de trabajo y según el calibre de las frutas:

Línea # 1 --- 10 extractores.

Línea #2 --- 11 extractores.

Línea #3 --- 14 extractores.

Línea de frutas tropicales.

Línea de mermelada.

Los extractores son los encargados de obtener por separado las tres corrientes principales del proceso de producción: **el jugo, la emulsión de agua-aceite y los desechos sólidos y la línea de frutales los puré concentrados.**

A partir de los **jugos y las pulpas** extraídas se obtiene una amplia gama de productos mediante procesos diferentes:

- Obtención de jugo concentrado congelado
- Obtención de jugo simple
- Obtención de jugo natural aséptico
- Obtención de celdillas cítricas
- Obtención de puré concentrado aséptico
- Obtención de mermeladas
- Obtención de néctar congelados y aséptico

**Jugo Concentrado Congelado:** después de tamizado, al jugo obtenido en los extractores se le separa la pulpa grosera y pasa a los evaporadores, equipo en el cual por intercambio con vapor de agua se le extrae al jugo, la esencia y el agua que este contiene. Al evaporarse gran parte del agua que contenía el jugo se obtiene concentrado. Este jugo ya sea de naranja o toronja es enviado a los tanques de ajuste cada uno de 20 000 L y previstos de agitadores con el objetivo de homogenizar el lote, si el concentrado queda pasado de brix previsto se le agrega agua de la que se separó del jugo en el concentrador, y si queda por debajo del brix se le añade concentrado hasta llevarlo al valor adecuado. Estos tanques están contruidos de acero inoxidable y presentan un doble forro por donde circula amoníaco como agente refrigerante para disminuir su temperatura, ajustado el brix, y el lote homogéneo, el jugo concentrado se bombea hacia la llenadora, donde el producto es envasado en dos bolsas de nylon que van dentro de los bidones, una vez llenas las bolsas con el peso requerido, se amarran con un atalazo, posterior a esto es tapado el bidón, asegurada su tapa y almacenados en las cámaras frías a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , listos para su exportación.

**Jugo Simple Congelado:** Después de tamizado al jugo obtenido en los extractores se le separa la pulpa grosera y a diferencia del proceso anterior este no pasa por los evaporadores sino que de forma natural se envasa en tanques de 10 000 litros donde se prepara el lote, con los requisitos adecuados y mediante una bomba se alimenta un intercambiador de calor donde se pasteriza el jugo en intercambio con vapor, con el objetivo de bajar el contenido de pectinas que provoca la deshomogenización del jugo, eliminar microorganismos y bacterias. El jugo de naranja es pasterizado a una temperatura que oscila entre 96 – 98 °C y el de toronja entre 94 – 96 °C, en ambos casos con retención de 10 s. El jugo que entra al pasterizador es precalentado, posteriormente es sometido a un primer enfriamiento con agua de torre, y después pasa por otros dos intercambiadores de calor a placas que utiliza como agente refrigerante el glicol para enfriarse hasta 4°C, ya con esta temperatura se puede envasar y el flujo es bombeado a la llenadora, se envasa en dos bolsas de nylon que van dentro de los bidones, una vez llenas las bolsas con el peso requerido se amarran con un atalazo, posterior a esto es tapado el bidón, asegurada su tapa y almacenados en las cámaras frías a –20 °C, para su posterior exportación.

**Jugo Natural Aséptico:** después de tamizado al jugo obtenido en los extractores se le separa la pulpa grosera y de la misma manera que cuando se produce jugo simple o natural congelado este se almacena en los tanques de 10 000 litros donde se prepara el lote con los requisitos adecuados y mediante una bomba y una válvula de tres vías se alimenta otro tanque de balance que pertenece a la línea de jugo aséptico, de este tanque de balance el jugo pasa a un desareador para eliminar el oxígeno presente en el jugo y así evitar la posterior oxidación del producto, después pasa por un intercambiador de calor (previamente limpio y estéril) donde se pasteriza el jugo en intercambio con agua - vapor, con el objetivo de eliminar microorganismos y bacterias. El jugo después de alcanzar la temperatura fijada para su pasterización es sometido a un primer enfriamiento con agua de torre y después pasa por la sección de enfriamiento que utiliza como agente refrigerante el glicol, el proceso es totalmente automatizado y cuando todas las condiciones operacionales se cumplen el jugo va directamente a la

llenadora aséptica, se envasa en bolsas especiales de alta barrera porque este producto no puede tener el más mínimo contacto con el medio, los cabezales de la llenadora aséptica están diseñados para mantener la esterilidad y el producto final no necesita refrigeración, entonces se envasan en bidones o bins para su posterior exportación.

**Celdillas Cítricas:** en este proceso no se separa el jugo de la pulpa, pues es ahí donde están contenidas las bolsitas de jugo o celdillas. En este proceso se separan los defectos en unos ciclones, se tamiza controlando el % de celdillas, después se pasteriza con un control estricto de la temperatura, se enfrían y se envasa el producto terminado. Estas celdillas tienen mucha aceptación en el mercado internacional pues al adicionársele estas al jugo evidencian claramente que la bebida contiene jugo natural y da apariencia de fresca.

Mientras los extractores están trabajando es inyectada agua en forma de spray alrededor de las copas que son los dispositivos donde son exprimidas las frutas, en el momento de la expresión estas desprenden de su corteza los aceites esenciales, estos son arrastrado por el agua formándose la emulsión agua-aceite.

**Aceites Esenciales:** La emulsión proveniente de los extractores pasa primeramente por un filtro rotatorio con el fin de separar las partículas de mayor diámetro, posteriormente son separadas las partículas de un diámetro mayor a 0.2 mm en un filtro parabólico, la mezcla de agua, aceite y lodos es sometida a centrifugación de dos etapas una centrífuga desludadora, y otra centrífuga pulidora que es la que separa todos los lodos del aceite esencial. Después va al proceso de descerado (formación de ceras) en cámaras de congelación, las ceras se eliminan por decantación El producto se envasa en bidones de acero con recubrimiento interior de resina epóxica. Una vez llenos se almacenan en cámaras refrigeradas a temperatura entre 5 y 10 °C. Estos aceites tienen gran demanda en el mercado de las pinturas, diluyentes y cosméticos.

**Puré Concentrado de Frutas Tropicales y Tomate Aséptico:** después de tamizada, el puré obtenido en las Deshuesadoras o molinos se le separa la pulpa

grosera y pasa a los evaporadores, equipo en el cual por intercambio con vapor de agua se le extrae al puré, la esencia y el agua que este contiene. Al evaporarse gran parte del agua que contenía el puré se obtiene concentrado. Este puré ya sea de frutas tropicales o de tomate es enviado a la línea aséptica, donde se embase en bidones con una bolsa de polietileno y otra con barrera de alta densidad.

**Los desechos sólidos** de la fruta (corteza, hollejos y semillas) son transportados a través de tornillos helicoidales hasta almacenarse en tolvas para ser distribuido en camiones como hollejo húmedo para la alimentación del ganado.

### **3.2.3.2 Descripción de la Planta de Tratamiento de Residuales Líquidos**

Los residuales líquidos que se generan en la empresa son fundamentalmente las soluciones de limpieza, aguas negras, los enjuagues de los tanques de jugo, los lodos y las aguas amarillas procedentes de las centrifugas que tienen cantidades de aceite esencial y sólidos suspendidos constituyendo estas el principal contaminante, la situación del tratamiento de los residuales líquidos se agudiza en estos momentos debido a que la planta de tratamiento no se encuentra funcionando.

Todas las aguas residuales, llegan a la arqueta de bombeo, a través de una tubería soterrada donde ocurre la primera etapa de filtración, entrando a un canal donde está instalado un separador de sólidos groseros (hojas, ramas, cortezas de cítricos, etc.) que tiene forma de rastrillo, este va separando los sólidos mayores de 2 mm que contiene el residual, los eleva y los deja caer en un recipiente para ser recogidos posteriormente. Seguidamente el residual desde la arqueta es bombeado y a través de la conductora se hace llegar a la planta de tratamiento. En la descarga de las bombas se encuentra instalado un flujómetro que indica el caudal enviado hacia la Planta de Tratamiento

Al llegar a la planta descarga sobre un filtro de tambor rotatorio, que separa los sólidos de menor tamaño hasta 0.5 mm, estos caen en una tolva y son recogidos en un camión posteriormente. Estos sólidos unidos a los que se separan en la

arqueta se les dan el mismo destino que a los residuales sólidos en general, que se describirán posteriormente.

El líquido filtrado pasa a una arqueta de neutralización, donde se le adiciona el agente neutralizante (sosa cáustica) para aumentar su pH y los nutrientes que son soluciones al 20 % de urea y fosfato, ya que se considera que el contenido de nitrógeno y fósforo de los vertidos no es suficiente para la eliminación biológica de la carga contaminante. Esta arqueta está provista de un agitador que logra una completa homogenización entre los nutrientes, el reactivo de neutralización y el residual, antes de que pasen por reboso a un colector y seguidamente a una tubería soterrada que lo lleva a la laguna de aireación. Esta laguna es de tipo aeróbica-anaeróbica, lo cual permite que se produzcan digestiones aeróbicas-anaeróbicas, lográndose un mayor rendimiento en la depuración final. La aireación natural de la laguna está reforzada con aereadores superficiales, que suministran el oxígeno necesario para garantizar una amplia zona de digestión aeróbica en la zona superficial, y al mismo tiempo producen una mezcla imprescindible, para lograr un buen rendimiento en el sistema.

Para conseguir que el efluente final tenga el contenido de sólidos en suspensión requerido, el efluente de la laguna de aireación es decantado en un clarificador circular. La entrada se realiza por la parte inferior a través de una columna central, fluyendo el agua a un cilindro de distribución que garantiza una distribución uniforme del agua en todas las direcciones.

Los sólidos sedimentados son arrastrados por un sistema de rasquetas barredoras de fondo, a una tolva situada en el fondo del tanque, de donde son extraídos periódicamente por una tubería que se comunica con un depósito de donde aspiran las motobombas que envían estos al secadero (lecho de secado) ó lo recirculan cuando están en exceso a la cisterna de neutralización, ya que estos lodos son ricos en microorganismos, lo que favorece el proceso biológico que ocurre en la laguna de aireación.

El residual clarificado es recogido por un vertedero metálico perimetral, pasando a continuación a un canal colector periférico de donde pasará ya depurada a la conductora que va a los pozos.

El líquido filtrado que sale del secadero de lodo, va a un colector y por tubería soterrada se incorpora al colector periférico del clarificador para salir unido al agua efluente del clarificador (agua tratada).

El estado de la planta no es bueno, pues ésta fue construida hace alrededor de veinte años y sus componentes se han venido deteriorando por el paso del tiempo y por la agresividad del residual a tratar.

La tecnología no es moderna aunque todos los años se repara el equipamiento y los componentes de la planta, hasta el año 2005 cuando se acometía su reparación y se realizaban algunas acciones para su puesta en marcha se vio afectada por el paso del ciclón Dennis que azotó a la provincia de Matanzas en ese año y destruyó totalmente el transformador que alimentaba la corriente eléctrica a la planta quedando esta sin este servicio y por tanto interrumpida su reparación. En estos momentos ya se encuentra en la industria el transformador, se realizó el montaje de la línea de alto voltaje y se continúa trabajando en la reparación porque cuando se comenzó a bombear agua para la laguna, se determinó parar el bombeo y construir una conductora nueva paralela a la antigua porque el residual se filtraba y estaba en peligro el talud de la laguna.

Hoy se bombea agua residual para la laguna, se instalarán los cuatro aereadores existentes para ir tratando el agua con esta capacidad de generación de oxígeno hasta tanto se adquieran las otras tres unidades de aereadores que se están licitando.

Una vez analizadas el estado actual en los diferentes aspectos contemplados en la evaluación se procede a la propuesta de las opciones de PML según se describe en el capítulo 2 en la metodología propuesta por la ONUDI, 2006.

### **3.3 Cálculo de las opciones de PML.**

#### **Opción 1: Utilización del agua del condensado vegetal en la limpieza no tecnológica.**

##### **Situación actual**

Para la limpieza diaria de suelos, paredes y el exterior de los equipos se utiliza agua que se desecha, incluyendo el área de producción, almacenes, etc. En esta área se utilizan 13 mangueras de 24 m de largo y un diámetro de ½ pulgada para cubrir todas las necesidades, además existen dos centrífugas para el proceso de aceite exprimido en frío que requieren agua permanente para su maniobra, esta agua después se incorpora al lodo que va a destilación.

##### **Recomendación**

Ahorrar la mayor cantidad de agua que se usa en la limpieza no tecnológica, independizando el área de producción que es el mayor consumidor usando el agua de condensado vegetal que me sobra en el proceso y para ello se quiere colocar un intercambiador de calor sin uso en la actualidad que me disminuya la temperatura de salida del agua y además sea capaz de aumentar la temperatura de salida del jugo y bajo estas condiciones evitar quemaduras a los trabajadores, además sustituir el agua de maniobra en las centrífugas. (**Ver Anexo # 5**).

##### **Cálculos Necesarios**

Se quiere comprobar si el área de transferencia del intercambiador de calor es factible para su utilización.

##### **Datos necesarios:**

En esta área existen 13 mangueras de 24 m de largo y ½ pulgada de diámetro.

2 centrífugas que requieren agua de maniobra permanentemente.

Flujo de una manguera: 1159 L/h

Factor de utilización de la manguera: 0.3

Cantidad de centrifugas: 2 centrifugas desladoras 1500 l/h

Tabla 48 pág. 447 Operaciones básicas Brown; 1965.

K oscila entre 750 - 1500 Kcal / h m<sup>2</sup>°C donde se tomo un valor de:

$$K = 980 \text{ Kcal / h m}^2\text{°C}$$

**Balance de energía en el intercambiador de calor:**

Datos para realizar el balance de energía (**Ver tabla # 2.2**)

Calor necesario para enfriar el agua:( Brown, 1965)

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

$$Q = 3006.7 \text{ Kg/h} \cdot 1 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} \cdot (35-60)^{\circ}\text{C}$$

$$Q = -75167.5 \text{ Kcal/h [Multiplico por (-1)]}$$

$$Q = 75167.5 \text{ Kcal/h}$$

Cálculo de temperatura de salida del jugo:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$t_2 = (Q / m \cdot C_p) + t_1$$

$$t_2 = [75167.5 \text{ Kcal/h} / (10000 \text{ Kg/h} \cdot 0.96 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C})] + 25^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 32.83^{\circ}\text{C}$$

Cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD) para un fluido que entra a contracorriente:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (3.2)$$

$$LMTD = \frac{(60 - 32.83) - (35 - 25)}{\ln \frac{(60 - 32.83)}{(35 - 25)}}$$

$$LMTD = 17.18^{\circ}\text{C Aproximadamente.}$$

Los datos para realizar el balance de energía se encuentran en el **anexo # 1**.

Cálculo del área del intercambiador de calor:

$$Q=U_d * A * LMTD \quad (3.3)$$

$$A = \frac{Q}{U_d * LMTD}$$

$$A = \frac{75167.5 \text{ Kcal/h}}{980 \text{ Kcal / h m}^2\text{°C} * 17.18\text{°C}}$$

$$A = 4.46 \text{ m}^2$$

Cálculo del área del intercambiador calor real:

$$A= \pi * D_{int} * L * \#Tubos \quad (3.4)$$

$$A= 3.14 * 0.020\text{m} * 3 \text{ m} * 36$$

$$A= 6.785 \text{ m}^2$$

Comprobando el coeficiente real de transferencia y despejando de la ecuación 3.3:

$$U_d = \frac{Q}{A * LMTD}$$

$$U_d = \frac{75177.5 \text{ Kcal / h}}{6.785 \text{ m}^2 * 17.18\text{°C}}$$

$$U_d = 644.766 \text{ Kcal / h m}^2\text{°C}$$

Cálculo del área del Intercambiador de calor con el coeficiente anterior:

$$Q=U_d * A * LMTD$$

$$A = \frac{Q}{U_d * LMTD}$$

$$A = \frac{75167.5 \text{ Kcal} / h}{644.77 \text{ Kcal} / h \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} * 17.18^\circ\text{C}}$$

$A = 6.785 \text{ m}^2$  Este valor indica que el intercambiador de calor es el que se necesita en la industria para esta opción, ya que esta área es mayor que la del área del intercambiador de calor necesario.

### **Análisis Económico**

Por concepto de ahorro de agua

$$\begin{aligned} 3006.7 \text{ L/h} * 20 \text{ h/día} * 200 \text{ días/campaña} &= 12026800 \text{ L/ campaña} \\ &= 12026.8 \text{ m}^3 / \text{ campaña.} \end{aligned}$$

El costo de agua es  $0.12 \text{ \$/m}^3$ . (Según el departamento de economía de la entidad).

$$\begin{aligned} \text{Ahorro económico} &= 12026.8 \text{ m}^3 / \text{ campaña} * 0.12 \text{ \$/m}^3 \\ &= 1443.216 \text{ \$/campaña} \end{aligned}$$

#### Costos de los materiales:

3 Válvulas de compuerta de 2" de diámetro con un valor de  $19.35 \text{ \$/u}$ .

$$\text{Costo total de la inversión} = (19.35 \text{ \$/u} * 3)$$

$$\text{Costo total de la inversión} = 58.05 \text{ \$}$$

### **Impacto ambiental**

Con la aplicación de esta opción se puede eliminar la extracción de  $12026.8 \text{ m}^3$  por campaña de agua del manto.

El ahorro de esta cantidad de agua equivale al consumo diario de una población de 34362.28 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

**Tabla 3.2: Resumen de la opción**

<b>Ahorro de agua</b>	<b>12026.8 m<sup>3</sup> / campaña</b>
-----------------------	--

Ahorro económico	1443.216 \$/campaña
Inversión Total	58.05 \$

**Opción 2: Sustitución de las tazas sanitarias en los baños del socio administrativo.**

### Situación actual

En la planta del socio administrativo de la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón existen dos baños con ocho tazas sanitarias, cuatro en el baño de mujeres y cuatro en el baño de hombres. Estos muebles sanitarios no se encuentran en las mejores condiciones, debido a que estos se encuentran en la entidad desde los años de su fundación; producto a esto hoy en día esta es una de las vías de gasto innecesario de agua, ya que por descarga se gastan 13 litros.

### Recomendación

Cambiar estos muebles sanitarios de antes de los años 90 por muebles de los 90 en adelante, que disminuyen el consumo de agua de 13 litros a 6 litros por descarga, y de esta forma contribuir a disminuir el consumo de agua por esta vía.

**Tabla 3. 3: Consumo de agua en tazas sanitarias**

Consumo de agua típico en tazas sanitarias		
Año de fabricación	Descarga por gravedad	Descarga por válvula
Antes de 1977	19.0 – 26.5 L/ descarga	17.0 – 19.0 L/ descarga
1977 – mediados de 1990	13.0 L/ desc. (algunos 19.0)	13.0 L/ descarga
Mediados de 1990 - presente	<b>6.0 L/ descarga (máximo)</b>	<b>6.0 L/ descarga (máximo)</b>

Fuente: (Serrano, *et al*, 2006).

### **Análisis Económico**

Teniendo en cuenta que en la planta del socio administrativo de la empresa existen 8 tazas con un consumo de 13 L/ descarga cada una aproximadamente se puede obtener la cantidad de litros de agua que se consume en un año, teniendo en cuenta que se realiza para 20 días de trabajo al mes.

Ahorro por consumo de agua antes de aplicar la opción.

Ahorro por consumo de agua= 8 tazas \* 13 L/ descarga

$$= 104 \text{ L/ descarga} * 20 \text{ días/mes} * 12 \text{ meses}$$

$$= 24960 \text{ L/ año}$$

$$= 24.96 \text{ m}^3/\text{ año}$$

Ahorro por consumo de agua después de aplicar la opción.

Ahorro por consumo de agua= 8 tazas \* 6 L/ descarga

$$= 48 \text{ L/ descarga} * 20 \text{ días/mes} * 12 \text{ meses}$$

$$= 11520 \text{ L/ año}$$

$$= 11.52 \text{ m}^3/\text{ año}$$

Costos de los materiales:

Precio del  $\text{m}^3$  de agua: 0.12  $\$/\text{m}^3$

Ahorro económico antes de aplicar la opción.

Ahorro económico =  $24.96 \text{ m}^3/\text{ año} * 0.12 \$/\text{m}^3$

$$= 2.9952 \text{ \$/año}$$

Ahorro económico después de aplicar la opción.

Ahorro económico =  $11.52 \text{ m}^3/\text{ año} * 0.12 \$/\text{m}^3$

$$= 1.3824 \text{ \$/año}$$

Precio de las tazas con tanque: 56  $\$/\text{u}$

Costo total de la inversión= 8 tazas \* 56  $\$/\text{u}$

Costo total de la inversión = 448  $\$$

**Impacto ambiental**

Con la implementación de esta opción se elimina el consumo del recurso agua, ya que si se cambian las tazas de los años 80 que consumen 13 L/descarga por las tazas de los años 90 en adelante que consumen 6 L/descarga se logra disminuir de 24.96 a 11.52 m<sup>3</sup>/ año.

Con el ahorro de esta cantidad de agua equivale al consumo diario de una población de 33 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

**Tabla 3.4: Resumen de la opción.**

<b>Ahorro de agua para 6 L/descarga</b>	<b>11.52 m<sup>3</sup>/ año</b>
<b>Ahorro económico</b>	<b>1.3824 \$/año</b>
<b>Inversión total</b>	<b>448 \$</b>

**Opción 3: Recuperación del agua del anillo de sellaje de la bomba de vacío.**

**Situación actual**

El montaje de línea de frutales incluye un evaporador para concentración de los jugos y la presión de vacío en este equipo se logra a través de una bomba, el anillo de sellaje es logrado con agua suave de la red de distribución y la descarga de esta es a la atarjea. Incrementándose los consumos de esta agua.

**Recomendación**

Hacer una cisterna y montar una bomba con control de nivel para recircular esta agua en la cisterna de sellaje de este equipo. **(Ver anexo # 4)**

**Cálculos Necesarios**

Para garantizar que se recupere el agua que proviene de la cisterna que se desea hacer, se instalará una bomba centrífuga que debe ser comprada del tipo Ebara Emica con las siguientes características técnicas: Capacidad nominal: 5 m<sup>3</sup>/h, NPSH: 0.056 m, Hb: 35.52 m. Con el objetivo de comprobar si esta bomba es

adecuada se realizan cálculos de mecánica de fluido, se calcula la carga de la bomba, y el NPSH para comprobar los criterios de selección.

El sistema está compuesto por una nueva bomba. La succión de la misma es desde la salida de la cisterna que se desea hacer para recuperar el agua, con un diámetro de tubería de 1 1/4", además consta de una válvula de retención, 3 codos de 90° estándar y la longitud de la tubería de 2.8m. Dicha bomba descarga hacia otra bomba de vacío que se encuentra a la salida del condensador, con un diámetro de tubería de 1", consta de 1 codo 90° estándar y una longitud de tubería de 10.66 m. Toda la tubería de esta instalación es de acero galvanizado y se ubicará a una altura de 1.9 m.

Datos necesarios:

- densidad ( $\rho$ ) del agua en el evaporador y tuberías de la instalación (30°C): 995.7kg/m<sup>3</sup> (Rosabal, 2006). Tabla # 5.
- viscosidad ( $\mu$ ) del agua en las tuberías de la instalación (30°C): 0.800cPs= 0.8000\*10<sup>-3</sup> Kg/m\*s (Rosabal, 2006). Tabla # 5.
- valor de la aceleración de la gravedad (g): 9.8 m/s<sup>2</sup>.
- flujo volumétrico (q): 5 m<sup>3</sup>/h.
- presión de vapor (30°C): 4248 Pa= 0.04248 bar (Rosabal, 2006). Tabla # 16.
- rugosidad en tubos (e): 0.125 mm= 0.0001 m (Rosabal, 2006). Tabla # 9.
- diámetro de la tubería en la succión de la bomba: 1 1/4"= 42.16 mm = 0.04216 m (Rosabal, 2006). Tabla # 10.
- diámetro de la tubería en la descarga de la bomba: 1"= 33.53 mm= 0.03353 m (Rosabal, 2006). Tabla # 10.
- longitud de la tubería de succión 2.8 m.
- longitud de la tubería de descarga 10.66 m.
- constante matemática  $\pi$ : 3.14

- punto #1: ubicado en el nivel del líquido de la cisterna que se desea hacer.  
 $P_1 = 101325 \text{ Pa.}$  (Tanque abierto a la atmósfera)

$$Z_1 = 0 \text{ m}$$

- punto #2: ubicado a la entrada del evaporador.  
 $P_2 = 400000 \text{ Pa.}$

$$Z_2 = 2.9 \text{ m}$$

### **Cálculo de las pérdidas por fricción antes y después de la bomba.**

#### Antes:

Se calcula el área de la tubería mediante la ecuación 2.2:

$$A = \frac{3.14 * (0.04216 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0.00139531 \text{ m}^2$$

Despejando de la ecuación 2.3 se obtiene que:

$$v = \frac{0.001388889 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.00139531 \text{ m}^2}$$

$$v = 0.995 \text{ m/s}$$

Mediante la ecuación 2.4 se calcula el número de Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{995.7 \text{ kg/m}^3 * 0.04216 \text{ m} * 0.995 \text{ m/s}}{0.0008 \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$\text{Re} = 52231.89286$$

Teniendo  $\text{Re} > 4000$ : turbulento, por tanto:

$$\alpha_1: 1$$

f: Se busca en la figura 3.9 página 89 (Rosabal, 2006), en función de la rugosidad en tubos y el diámetro (e/d)= 0.002964896

Teniendo todos los parámetros se calculan las pérdidas por fricción en tuberías por la ecuación 2.5:

$$\Sigma Hf_i = \frac{[0.00296 * (0.995 \text{ m/s})^2 * 2.8 \text{ m}]}{(2 * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.04216 \text{ m})}$$

$$\Sigma Hf_i = 0.087 \text{ m}$$

Se buscan los coeficientes de resistencia local en correspondencia con los accesorios en la instalación en la tabla 3.1 página 102, (Rosabal, 2006):

1 codo 90° estándar.....k= 0.75

1 válvula de retención de disco.....k= 10

Teniendo los coeficientes se calculan las pérdidas por fricción en accesorios mediante la ecuación 2.6:

$$\Sigma Hf_{acc} = 10.75 * \left[ \frac{(0.995 \text{ m/s})^2}{(2 * 9.8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$\Sigma Hf_{acc} = 0.54287863 \text{ m}$$

Después:

Como en la descarga de la bomba la tubería tiene diferente diámetro se calcula el área nuevamente por la ecuación 2.2:

$$A = \frac{3.14 * (0.03353 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0.00088 \text{ m}^2$$

Despejando de la ecuación 2.6 se obtiene que:

$$v = \frac{0.00138 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.00088 \text{ m}^2}$$

$$v = 1.573 \text{ m/s}$$

Mediante la ecuación 2.4 se calcula el número de Reynolds, manteniéndose la densidad y viscosidad debido a que por las tuberías se mantiene la temperatura a 30°C, cambiando solo el diámetro y la velocidad:

$$Re = \frac{995.7 \text{ kg/m}^3 * 0.03353 \text{ m} * 1.573 \text{ m/s}}{0.0008 \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$Re = 65675.41315$$

Teniendo  $Re > 4000$ : Turbulento, por tanto:

$$\alpha_1: 1$$

f: Se busca en la figura 3.9 página 89 (Rosabal, 2006), en función de la rugosidad en tubos y el diámetro  $(e/d) = 0.0037$

Teniendo todos los parámetros se calculan las pérdidas por fricción en tuberías por la ecuación 2.5:

$$\Sigma Hf_t = \frac{[0.0285 * (1.573 \text{ m/s})^2 * 10.66 \text{ m}]}{(2 * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.03353 \text{ m})}$$

$$\Sigma Hf_t = 1.143749687 \text{ m}$$

Se buscan los coeficientes de resistencia local en correspondencia con los accesorios en la instalación en la tabla 3.1 página 102 (Rosabal, 2006):

$$2 \text{ codo } 90^\circ \text{ estándar} \dots \dots \dots k = 0.75$$

Teniendo el coeficiente se calculan las pérdidas por fricción en accesorios mediante la ecuación 2.6:

$$\Sigma Hf_{acc} = 0.75 * \left[ \frac{(1.573 \text{ m/s})^2}{(2 * 9.8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$\Sigma Hf_{acc} = 0.189344954 \text{ m}$$

Teniendo las pérdidas por fricción antes y después de la bomba se calculan las pérdidas por fricción totales mediante la ecuación 2.7:

$$\Sigma Hf_{totales} = (0.0872 \text{ m} + 0.542 \text{ m}) + (1.143 \text{ m} + 0.189 \text{ m})$$

$$\Sigma Hf_{totales} = 1.963 \text{ m}$$

### **Cálculo de la carga de la bomba**

Teniendo todos los datos necesarios se calcula la carga de la bomba despejando de la ecuación 2.1:

$$\alpha 1 = \alpha 2 = 1$$

$$Hb = 2.9 \text{ m} + 1.963 \text{ m} + \left\{ \left( \frac{400000 \text{ Pa} + 101325 \text{ Pa}}{9.8 \text{ m/s}^2 * 995.7 \text{ Kg/m}^3} \right) + \left( \frac{(1.573 \text{ m/s})^2 - (0.995 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} \right) \right\}$$

$$Hb = 35.51636118 \text{ m}$$

### **Cálculo de la carga neta de succión positiva (NPSH) del sistema**

Para el cálculo de la presión a la entrada de la bomba ( $P_3$ ) se hizo necesario establecer un nuevo balance de energía mecánica antes de la bomba, se establecen nuevos puntos, manteniendo las condiciones en que se encuentra la instalación en cuanto al diámetro, accesorios, flujo volumétrico, temperatura del fluido, propiedades físicas (densidad, viscosidad), por tanto:

$$v_3 = 0.9953977 \text{ m/s}$$

$$\Sigma Hf_t = 0.087 \text{ m}$$

$$\Sigma Hf_{acc} = 0.54287863 \text{ m}$$

Re > 4000, turbulento por tanto  $\alpha = 1$

Solo cambia la ubicación de uno de los puntos:

Punto #1: ubicado en el nivel del líquido en la entrada a la cisterna.

Punto #3: ubicado en la tubería antes de la bomba.

Datos necesarios:

$$P_1 = 101325 \text{ Pa}$$

$$Z_1 = 0 \text{ m}$$

$$Z_3 = 1 \text{ m}$$

Se calculan las pérdidas por fricción total por la ecuación 2.7:

$$\Sigma Hf_{total} = 0.0087 \text{ m} + 0.5428 \text{ m}$$

$\Sigma Hf_{total} = 0.6298 \text{ m}$  (No es más que las pérdidas por fricción antes de la bomba calculadas anteriormente)

Se calcula la presión de entrada a la bomba despejando de la ecuación 2.9 obteniéndose:

$$P_3 = \left\{ \left( \frac{101325 \text{ Pa}}{995.7 \text{ kg/m}^3 * 9.8 \text{ m/s}^2} \right) - \left[ \frac{\left( (0.995 \text{ m/s})^2 * 1 \right)}{\left( 2 * 9.8 \text{ m/s}^2 \right)} \right] - 1 \text{ m} \right\} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 995.7 \text{ kg/m}^3$$

$$P_3 = 84909.39 \text{ Pa}$$

Teniendo calculada la presión de entrada a la bomba del sistema por la ecuación 2.8 se calcula el NPSH de la bomba para comprobar uno de los criterios de selección:

$$NPSH_{sistema} = \frac{(84909.39 \text{ Pa} - 4248 \text{ Pa})}{(9.8 \text{ m/s}^2 * 995.7 \text{ kg/m}^3)}$$

$$NPSH_{sistema} = 8.2578 m$$

Conociendo el NPSH de la bomba (0.056m), se comprueba que el NPSH del sistema es mayor que el NPSH de la bomba.

Una vez calculados todos los datos necesarios para la selección de la bomba, se comprueba que la bomba que se debe instalar es la adecuada.

### **Análisis económico**

Precio del m<sup>3</sup> agua suave: 0.55 \$/m<sup>3</sup>

Cálculo del ahorro de agua suave por campaña:

$$5 m^3/h * 20 h * 200 \text{ días/campaña} = 20000 m^3/campaña$$

$$\text{Ahorro económico} = 20000 m^3/campaña * 0.55 \$/m^3$$

$$= 11000 \$/ \text{ campaña.}$$

Costos de los materiales necesarios para poner en práctica esta opción.

- ❖ 1 codos de 90° estándar con un diámetro de 0.04216 m, con un valor de 5 \$/u.
- ❖ 3 codos de 90° estándar con un diámetro de 0.03353 m, con un valor de 3.50 \$/u.
- ❖ 1 válvula de retención con un diámetro de 0.04216 m, con un valor de 8.56 \$/u.
- ❖ 1 bomba centrífuga de 5 m<sup>3</sup>/h de capacidad y 35.516 m de carga con valor de 3500.00 \$.
- ❖ 2.8 m de tubería de acero inoxidable de 0.04216 m de diámetro, con un valor de 7.90 \$/m.
- ❖ 10.66 m.de tubería de acero inoxidable de 0.03353 m de diámetro, con un valor de 11.20 \$/m.

Costo total de la inversión =  $(5.00 \text{ \$/u}) + (3.50 \text{ \$/u} \cdot 3) + (8.56 \text{ \$/u}) + (3500 \text{ \$}) + (7.90 \text{ \$/m} \cdot 2.8 \text{ m}) + (11.20 \text{ \$/m} \cdot 10.66 \text{ m})$

Costo total de la inversión = 3665.572 \$

### **Impacto ambiental**

Esta opción tiene un impacto ambiental positivo ya que se deja de consumir 20000 m<sup>3</sup> de agua por campaña. El ahorro de esta cantidad de agua equivale al consumo diario de una población de 57142 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

**Tabla 3.5: Resumen de la opción**

<b>Ahorro de agua</b>	<b>20000 m<sup>3</sup>/campaña</b>
<b>Ahorro económico</b>	<b>110000 \\$/campaña</b>
<b>Inversión</b>	<b>3665.572 \$</b>

### **Opción 4: Reordenar el agua de enfriamiento del compresor ABC.**

#### **Situación actual**

Se usa agua suave para el enfriamiento del compresor y la misma una vez que sale del compresor sigue hasta el tanque de alimentación a calderas provocando en reiteradas ocasiones derrames en el mismo.

#### **Recomendación**

Reubicar las tuberías de alimentación y retorno del compresor al condensador evaporativo del frigorífico ubicado cerca del área y evitar los botaderos de agua. (Ver anexo # 3)

#### **Cálculos Necesarios**

Flujo de agua al compresor: 5 m<sup>3</sup>/h

Tiempo de trabajo: 24 h

340 días al año

Datos necesarios:

Bomba de agua para el condensador evaporativo.

$$Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

Según el manual de los compresores Sabroe.

$$Q = 5.5 \text{ L/h por Kw motor}$$

$$\text{Para 2 compresores del tipo Smc 116 L: } 75 \text{ Kw} * 5.5 = 412.5 \text{ L/h} = 825 \text{ L/h}$$

$$\text{Para 1 compresor del tipo Smc 112 L: } 110 \text{ Kw} * 5.5 = 605 \text{ L/h} = 2178 \text{ L/h}$$

$$\text{Para 3 compresores del tipo Smc 112 L: } 132 \text{ Kw} * 5.5 = 726 \text{ L/h} = 2178 \text{ L/h}$$

$$\text{Total} = 3608 \text{ L/h}$$

Manual compresor de aire ABC

Agua de enfriamiento 5000 l/h a 2 bar de presión.

**Análisis económico**

$$\text{Precio del } \text{m}^3 \text{ agua suave: } 0.55 \text{ \$/m}^3$$

Cálculo del ahorro de agua suave por año:

$$5 \text{ m}^3/\text{h} * 24 \text{ h} * 340 \text{ días al año} = 40800 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Ahorro económico} = 40800 \text{ m}^3/\text{año} * 0.55 \text{ \$/m}^3 = 22440 \text{ \$/año}$$

Esta opción no presenta ninguna inversión debido a que todos los materiales que se van a utilizar se encuentran disponibles en la entidad.

### **Impacto ambiental**

Con la implementación de esta opción se logra un impacto ambiental positivo ya que se deja de consumir 40800 m<sup>3</sup>/año. Con el ahorro de esta cantidad de agua equivale al consumo diario de una población de 116571 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

**Tabla 3.6: Resumen de la opción.**

<b>Ahorro del agua suave</b>	<b>40800 m<sup>3</sup>/año</b>
<b>Ahorro económico</b>	<b>22440 \$/año</b>

### **Opción 5: Purga de caldera.**

#### **Situación actual**

Los sólidos en suspensión forman lodos o sedimentos en la caldera, que degradan la transferencia de calor, mientras que los sólidos disueltos provocan espuma y acarreo de agua con el vapor. Para reducir el nivel total de sólidos disueltos y suspendidos (TDS) y llevarlos a límites aceptables, periódicamente se tiene que descargar o purgar agua de la caldera.

El purgado desde el fondo (o de lodos) es un procedimiento manual que normalmente se realiza en intervalos de varias horas y que dura unos cuantos segundos.

El purgado en exceso provoca desperdicio de energía, agua y productos químicos. La cantidad correcta de purga es determinada por varios factores, incluyendo el tipo de la caldera, presión de operación, tratamiento de agua y la calidad del agua de repuesto. Hoy a las calderas de nuestra industria se le realizan de 14 a 15 extracciones en una jornada de trabajo.

#### **Recomendación**

Se puede solucionar el problema manteniendo el nivel de TDS cercano al recomendado por el fabricante de la caldera, (normalmente entre 2 500 y 3 000 ppm para una caldera mediana), esto se puede conseguir con un control de TDS a

través de un equipo de control automático que proporciona un control constante, reduciendo la purga de fondo, y asegurando unos costes mínimos de funcionamiento, mientras mantiene las condiciones óptimas en la caldera y en el sistema de vapor.

### **Cálculos Necesarios**

#### Datos necesarios:

$Q_v$ = Flujo de vapor de la caldera 16Ton/h

$V_o$ = Valor óptimo de las extracciones 4 – 8 % se toma 6 % según el manual de calderas y por consideración de los técnicos de la industria.

$Q_o$ = Flujo óptimo de las extracciones (ton/h)

$h_e$ = Entalpía del agua de extracciones 198.66 kcal/kg (Tabla de Keenan)

$h_a$ = Entalpía del agua de reposición, temperatura del agua: 95 kcal/kg

$H$  = Pérdida de calor en las extracciones (kcal/Kg)

$V_r$  =Valor posible de las extracciones 10 (%) (Estimado por los técnicos teniendo en cuenta las veces que se realizan las extracciones y que se realizan de forma manual (no controladas).

$Q_r$ =Flujo posible de las extracciones (ton/h)

$Q$  = Exceso de extracciones sobre lo óptimo (ton/h)

$P$  = Pérdidas totales en exceso de calor (kcal/h)

$C_e$  = Consumo en exceso de combustible (kg/h)

$C_a$  =Consumo anual en exceso de combustible (ton)

$T$  = Tiempo anual estimado de operación de la caldera 6000 h

$VCI$  = Valor calórico inferior del combustible 9748 kcal/kg según caracterización del fuel oil entregada por CUPET

$C_c$  = Precio actual aproximado del combustible 787.3 CUC / ton (Departamento de economía de la entidad).

PTA = Pérdidas por exceso de extracciones CUC.

- Flujo real de las extracciones

$$Q_r = Q_v \cdot V_r / 100 = 16 \text{ T/h} \cdot 10 / 100 = 1.6 \text{ T/h} = 1600 \text{ Kg/h.}$$

- Flujo óptimo de extracciones

$$Q_o = Q_v \cdot V_o / 100 = 16 \text{ T/h} \cdot 6 / 100 = 0.96 \text{ T/h}$$

- Exceso de extracciones. Se toman 10 pero deben ser más altas.

$$Q = Q_r - Q_o = 1.6 \text{ T/h} - 0.96 \text{ T/h} = 0.64 \text{ T/h} = 640 \text{ Kg /h}$$

- Pérdida de calor en extracciones

$$H = h_e - h_a = 198.66 \text{ Kcal/h} - 95 \text{ Kcal /kg} = 103.66 \text{ Kcal /kg.}$$

- Pérdidas totales en exceso de calor

$$P = H \cdot Q = 103.66 \text{ Kcal/kg} \cdot 640 \text{ Kg /h}$$

$$= 66342.4 \text{ Kcal /h}$$

- Consumo de combustible en exceso

$$C_e = P / \text{CVI} = 66342.4 \text{ Kcal /h} / 9748 \text{ kcal/kg} = 6.80 \text{ Kg /h}$$

- Consumo anual en exceso

$$C_a = T \cdot C_e / 1000 = (6000 \text{ h} \cdot 6.80 \text{ Kg / h}) / 1000$$

$$C_a = 40.8 \text{ Ton}$$

**Tabla 3.7: Control de los análisis de caldera en la industria.**

Fecha	Cant. Extr.	Dureza Total (mg/L)	Alcalinidad Afectolaina (mg/L)	Alcalinidad Total (mg/L)	Grupos Hidróxidos (mg/L)	Cloruros	Sólidos Disueltos	PH
29/01/13	14	12	5960	7600	4320	2600	14280	11.7
30/01/13	15	12	6800	7800	5800	2880	14952	11.8
31/01/13	15	12	6840	7880	5800	3000	15232	11.9

Fuente: Laboratorio de la industria.

### **Análisis económico**

#### Datos necesarios:

Precio del m<sup>3</sup> de agua suave \$ 0.55

Según el departamento de economía de la entidad, el valor de la tonelada del fuel oil es de 787.3 CUC/ ton, (factura de CUPET 130103799 del 31 de marzo del 2013).

Pérdidas anuales por exceso de extracciones.

$$PTA = Ca \cdot CC = 40.8 T \cdot 787.3 \$ /Ton = \$ 32121.84.$$

$$\text{Ahorro de agua} = (Q_r \cdot 6000 \text{ h/campaña}) - (Q_o \cdot 6000 \text{ h/campaña})$$

$$= (1.6 \text{ t/h} \cdot 6000 \text{ h/campaña}) - (0.96 \text{ t/h} \cdot 6000 \text{ h/campaña})$$

$$= 3840 \text{ t/campaña} = 3840 \text{ m}^3/\text{campaña}$$

$$\text{Ahorro económico del agua} = \text{Ahorro de agua} \cdot 0.55 \$/ \text{m}^3$$

$$= 3840 \text{ m}^3/ \text{ campaña} \cdot 0.55 \$/ \text{m}^3$$

$$= 2112 \$/\text{campaña}$$

$$\text{Ahorro total} = \$ 32121.84 + 2112 \$/\text{campaña}$$

$$= 34233.84 \$/\text{campaña}$$

### **-Inversión**

Se tendrá en cuenta solo el valor aproximado del control automático de TDS \$ 20000.

Efecto económico = Ahorro total – Inversión

$$= 34233.84\$/\text{campaña} - \$ 20000$$

$$= \$ 14233.84$$

### **Impacto ambiental**

Después de implementar la opción según los cálculos realizados anteriormente, se deja de extraer al manto 3840 m<sup>3</sup>/ campaña, valor que corresponde al consumo diario de una población de 10971 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

Se ahorrará además 40.8 Ton al año de combustible, esto equivale a dejar de emitir gases dañinos a la atmósfera por lo que esta opción presenta un impacto ambiental positivo.

Los valores de los factores de emisión se encuentran en el **anexo #1**.

$$\rho \text{ del combustible} = 984.8 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Emisión } CO_2 = \text{Combustible Consumido} * \text{Factor de Emisión}$$

$$\text{Emisión } CO_2 = \frac{40800 \text{ kg / camp.}}{984.8 \text{ kg / m}^3} * 2986 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Emisión } CO_2 = 123709.2 \text{ Kg/ campaña}$$

$$\text{Emisión } CO = \text{Combustible Consumido} * \text{Factor de Emisión}$$

$$\text{Emisión } CO = \frac{40800 \text{ kg / camp.}}{984.8 \text{ kg / m}^3} * 0.6 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Emisión } CO = 24.8 \text{ Kg/ campaña}$$

*Emisión SO<sub>2</sub> = Combustible Consumido \* Factor de Emisión*

$$Emisión SO_2 = \frac{40800kg / camp.}{984.8kg / m^3} * 0.399kg / m^3$$

*Emisión SO<sub>2</sub> = 16.5 Kg/ campaña*

**Tabla 3.8: Resumen de la opción.**

<b>Ahorro de fuel oil</b>	<b>40800 Kg</b>
<b>Ahorro de agua</b>	<b>3840 m<sup>3</sup>/ campaña</b>
<b>Ahorro total</b>	<b>34233.84\$/campaña</b>
<b>Inversión</b>	<b>\$ 20000</b>
<b>Efecto Económico</b>	<b>\$ 14233.84</b>
<b>Reducción de emisiones de CO</b>	<b>24.8 Kg/ campaña</b>
<b>Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>123709.2 Kg/ campaña</b>
<b>Reducción de emisiones de SO<sub>2</sub></b>	<b>16.5 Kg/ campaña</b>

### **Opción 6: Sustitución de las lámparas de la cámara frigorífico.**

#### **Situación actual**

En las cámaras del frigorífico de la unidad existe una mala iluminación por lo que se requieren muchas lámparas que son altas consumidoras de energía eléctrica para conseguir la luz adecuada.

#### **Recomendación**

Sustituir todas las lámparas de las cámaras del frigorífico que poseen un consumo de 250 W por cámaras, por lámparas dobles de 40 W que poseen un menor consumo eléctrico.

### **Cálculos Necesarios**

#### Datos necesarios:

Cantidad de lámparas por cámaras: 16 lámparas de mercurio.

Cantidad de cámaras frigoríficas: 5

Determinación del consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación en las cámaras del frigorífico para 20 horas de trabajo:

$$\begin{aligned}\text{Consumo de electricidad en una campaña} &= 250 \text{ W} * 16 \text{ lámparas} * 20 \text{ h} * 250 \text{ días} \\ &= 20000000 \text{ W/campaña} = 20000 \text{ kWh/campaña}\end{aligned}$$

### **Análisis económico**

Costo de la energía eléctrica = 0.24722 \$/kWh. (Según el departamento de economía).

$$\begin{aligned}\text{Ahorro económico} &= 20000 \text{ kWh/campaña} * 0.24722 \text{ \$/kWh} \\ &= 4944.4 \text{ \$/campaña}\end{aligned}$$

#### Costos de los materiales necesarios:

16 lámparas dobles de 40 W cada una (32 tubos en total):

32 tubos de luz fría: 1.04 \$/u

$$\begin{aligned}\text{Costo total de la inversión} &= 1.04 \text{ \$/u} * 32 \text{ tubos} + 8.93 \text{ \$/u} * 16 \text{ lámparas} \\ &= 33.28 \$ + 142.8 \$ \\ &= 176.08 \$\end{aligned}$$

### **Impacto ambiental**

Esta opción posee un efecto ambiental positivo, ya que está dado por la disminución del consumo de energía eléctrica trayendo consigo la reducción del consumo de combustible que hace posible la obtención de la misma. Para la

obtención de la esta se pueden determinar la emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, en este caso se realiza para el monóxido de carbono y el dióxido de azufre según las siguientes expresiones.

Reducción de emisiones de CO:

$$EmisiónCO = ElectricidadConsumida * FactorEmisión$$

$$EmisiónCO = \frac{20000 \text{ kWh/campaña} * 799 \text{ g / kWh}}{1000 \text{ g / kg}}$$

$$EmisiónCO = 15980 \text{ kg / campaña} = 15.980 \text{ t / campaña}$$

Reducción de emisiones de SO<sub>2</sub>

$$Emisión SO_2 = ElectricidadConsumida * FactorEmisión$$

$$Emisión SO_2 = \frac{20000 \text{ kWh/campaña} * 0.0984 \text{ g / kWh}}{1000 \text{ g / kg}}$$

$$Emisión SO_2 = 1.968 \text{ kg / campaña} = 0.00196 \text{ t / campaña}$$

**Tabla 3.9: Resumen de la opción.**

<b>AHORRO DE ELECTRICIDAD</b>	<b>20000 KWH/CAMPAÑA</b>
<b>Ahorro económico</b>	<b>4944.4 \$/campaña</b>
<b>Inversión</b>	<b>176.08 \$</b>
<b>Reducción de emisiones de CO</b>	<b>15.98 t/campaña</b>
<b>Reducción de emisiones de SO<sub>2</sub></b>	<b>0.00196 t/campaña</b>

Después de analizar el proceso de diagnóstico ambiental e identificación en las distintas áreas de la empresa, y haber realizado valoraciones de los impactos

ambientales en las diferentes líneas de producción según se muestra en la tabla 3.1, se comprueba que:

- El consumo de fuel oil, el consumo de energía eléctrica, el de agua y la generación de residuales poseen un impacto negativo.
- La generación de ingresos y el empleo de mano de obra local poseen un impacto positivo.
- La empresa tiene control del manejo de las sustancias peligrosas.
- Existen buenas condiciones higiénico-sanitarias y de seguridad del trabajador, los trabajadores de la misma poseen un sentido de pertenencia y de una cultura ambiental acorde a su nivel cultural y capacitación recibida.

Se efectuó además una breve descripción de cada una de las líneas; identificando los posibles focos de evaluación donde se desarrollaron las opciones de PML, como es:

- La utilización del agua del condensado vegetal para la limpieza no tecnológica, que permite ahorrar la mayor cantidad de agua que sobra del proceso productivo; además esta opción posee un impacto ambiental positivo ya que se deja de extraer del manto 12026.8 m<sup>3</sup> por campaña de agua, y esta cantidad de agua equivale al consumo diario de una población de 34362.28 habitantes.

- La sustitución de las tazas sanitarias de los baños del socio administrativo de la entidad que hoy es una de las vías del gasto innecesario de agua permite el ahorro de 11.52 m<sup>3</sup>/año una vez cambiadas las tazas sanitarias, presentando un impacto ambiental de carácter positivo, ya que con el ahorro de esta agua equivale al consumo diario de una población de 33 habitantes.

-La recuperación del agua del anillo de sellaje de la bomba de vacío, al igual que las opciones anteriormente mencionadas tiene un impacto ambiental positivo debido a que se deja de extraer del manto 20000 m<sup>3</sup>/campaña equivalente al consumo diario de una población de 57142 habitantes.

-El reordenamiento del agua de enfriamiento del compresor ABC, donde con esta opción también se logra un impacto ambiental positivo ya que se deja de consumir 40800 m<sup>3</sup>/año, que equivale al consumo diario de una población de 116571 habitantes considerando un consumo de 350 litros per cápita.

-La purga de la caldera es una opción donde a diferencia de las anteriores se refleja el significativo ahorro de combustible y también el ahorro de agua, por lo que presentan un impacto ambiental positivo ya que se deja de extraer del manto 3840 m<sup>3</sup> de agua/campaña que corresponde al consumo diario de una población de 10971 habitantes. Además se ahorra 40.8 Ton al año de combustible, por lo que se deja de emitir gases dañinos a la atmósfera, contribuyendo con la no contaminación del medio ambiente.

-La sustitución de las lámparas de luz fría de la cámara del frigorífico es una opción con un efecto ambiental de carácter positivo donde se refleja la disminución del consumo de energía eléctrica trayendo consigo la reducción del consumo de combustible que hace posible la obtención de esta opción. Además se determinan las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera para el monóxido de carbono y el dióxido de azufre que representan valores de 15.98 t/campaña para CO y 0.00196 t/campaña para el SO<sub>2</sub>.

De forma general la ejecución de estas opciones de PML traerá grandes beneficios económicos y ambientales, tanto para la zona donde se encuentra enclavada la entidad, como para el país en general; debido a que se observa el carácter positivo que representan, en cuanto al consumo de energía, combustible y del agua compuestos de incalculable valor para las funciones metabólicas de los seres vivos en sentido general y para varias de las actividades que realizan los seres humanos en particular. Presentan de forma general un ahorro económico que representa un valor de 173062.838 \$/ campaña, con una inversión de 24347.702 \$, donde no se incluye la inversión de la cuarta opción ya que no se realiza ninguna en la misma, producto a que todos los materiales usados se encuentran disponibles en la entidad.

## **Conclusiones**

1. Con la evaluación de las opciones de PML en la entidad se comprueba la hipótesis planteada, ya que permiten el ahorro de los portadores energéticos, el consumo innecesario de agua, así como la reducción de la emanación de los gases a la atmósfera y con esto se beneficia económicamente la empresa y con ella nuestro país.
2. Las fuentes de impacto ambiental en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón son.
3. Se proponen 6 opciones de PML en los puntos del proceso productivo que minimizan los impactos negativos de la entidad sobre el medio ambiente y mejora su desempeño ambiental.
4. Las opciones de PML propuesta son factibles económicamente y aporta un ahorro de 173062.84 CUP.

## **Recomendaciones**

1. Extender la aplicación de la metodología de la Producción Más Limpia en otros puntos de la producción y los servicios de la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón.
2. Llevar a cabo el proyecto de inversión para la implementación de las opciones de Producción Más Limpia analizadas, en el menor tiempo posible para reducir el consumo de portadores energéticos y disminuir la generación de contaminantes al medio ambiente.

## **Bibliografía**

1. Brown, G. 1965. Operaciones básicas de la ingeniería química. Editorial Marín, S.A. Barcelona. España.1965.
2. Camacho, A.; Ariosa, L. (2000). Diccionario de términos ambientales. La Habana: Acuario. 76 p. Departament de MediAmbient. 2000. Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización (DAOM). Generalitat de Catalunya, España. ISBN: 84-393-5126-7.
3. Caraballo, L.; Viamontes, E., (2006). Curso Derecho Medio Ambiente. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 1 y 2. La Habana:Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-098-7.
4. Centro Mejicano para la Producción Más Limpia. Metodología de Producción Más Limpia[on line]. [Méjico]: 2003[citado 16 mayo 2003] Disponible en Internet: <<http://www..cmpl.ipn.mx/default.htm>>.
5. CITMA (CU). (1998). Elementos metodológico para la introducción de prácticas de Producción Más Limpias. Alternativas para el aprovechamientoeconómico de residuales. [on line]. Disponible en: <http://www.cubaindustria.cu/pl/Contenido/Documentos/>. [Consulta: 23 abril2013]
6. Keenan, Joseph H, 1978. *Steam tables, Thermodynamic properties of water, including vapor, liquid, and solid phases*. Editorial SI Units.
7. Kern, Donald Q. (1999). Procesos de Transferencia de Calor. Editorial Continental S.A. México.
8. Lineamientos aprobados por el VI Congreso del PCC. (2012). La Habana. Editora Política.
9. Mateo Rodríguez, J.M., Suárez Gómez, C. (2000). La ciencia y la tecnología en el debate ambiental. Filosofía y Sociedad. Tomo II. La Habana. Editorial Félix Varela. 720 p.
10. Manual de Producción Más Limpia en el Sector Industrial Citrícola. (2006) [Consulta: 16 Abril 2013]. Disponible en:

[http://www.cp-latin-unido.net/docs-trabajo/et\\_AI\\_26.pdf](http://www.cp-latin-unido.net/docs-trabajo/et_AI_26.pdf)

11. Memoria descriptiva de la Empresa Héroes de Girón (1980).
12. Metodología de cálculo para agua industrial. Proyecto MINAL. 1982.
13. ONUDI (2006). Informe de la asesoría completa en planta de Producción Más Limpia. La Habana. Ediciones ONUDI.
14. ONUDI. (2007). Manual de producción más limpia para el sector industrial cítrico. Cuba. p 100-102
15. Pentón López, J. 2001. Problemas sociales de la ciencia y la técnica. Curso doctoral, Doctorado "Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible". Universidad de Matanzas. Cuba.
16. Pérez de Alejo, H. (2000). Propuesta de objetivos y acciones para lograr Producciones más Limpias. Comisión de Medio Ambiente del MINAZ. La Habana. Ministerio del Azúcar (MINAZ).(reseña)
17. PNUMA. Unidad de tecnología, Industria y Economía, México [on line]. [México]: PNUMA, 1995[citado 16 enero 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.rolac.unep.mx/industria/esp/prodlimp.htm>>.
18. PNUMA / IMA. (2003). Un paquete de recursos de capacitación: Producción Más Limpia. Documentos técnicos de apoyo. Parte 3. 28 p.
19. Portal Web de la Empresa de Cítricos "Héroes de Girón". [Consulta: 25 marzo 2013]. Disponible en: <http://www.citricojg.cu/>
20. Red Nacional de Producción Más Limpia. Boletín trimestral octubre– Diciembre [on line]. [Cuba]: CITMA, 2002[citado 9 marzo 2013]. Disponible en Internet:<[http:// www.redpml.cu/](http://www.redpml.cu/)>.
21. Red Nacional de Producción Más Limpia. Portal de Producción Más Limpia [on line]. [Cuba]: CITMA, 2003[citado 9 febrero 2013]. Disponible enInternet: <http://www.redpml.cu>
22. Rigola Lapena, M. (1998). Producción + Limpia. Cuadernos de Medio Ambiente. Barcelona. España. Editorial Rubes.142 p ISBN 84-497-0072-8.
23. Rosabal, Vega, J.M. (2004). Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas. Segunda Edición.

24. Rosabal, J.M. 2006. *Hidrodinámica y separaciones mecánicas*. Ciudad de la Habana. Editorial Félix Varela. 2da edición.
25. Serrano, J.H.; Tortosa, B.I., *et al.* 2006. Protección Ambiental y producción + limpia. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 1. La Habana: Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-097-0
26. Serrano, J.H.; Tortosa, B.I., *et al.* (2006). Protección Ambiental y producción + limpia. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 2. LaHabana: Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-097-0
27. SpiraxSarco; Alfa Laval. 2000. *Guía técnica para el uso efectivo en los intercambiadores de calor de placa: El vapor y los intercambiadores de calor de placa*.
28. SpiraxSarco. 2002. *Bombas automáticas para condensado y otros fluidos industriales*.
29. SpiraxSarco. 2003. Purgas de calderas.
30. Terry, C.; Abó, M.; García, JM. (2003). Producción más Limpia en las Políticas y Prácticas Vigentes en Cuba. Red Nacional de Producción más Limpia, La Habana, Cuba. 36 p. (reseña).

## Anexos

### Anexo # 1: Factor de emisión de contaminantes.

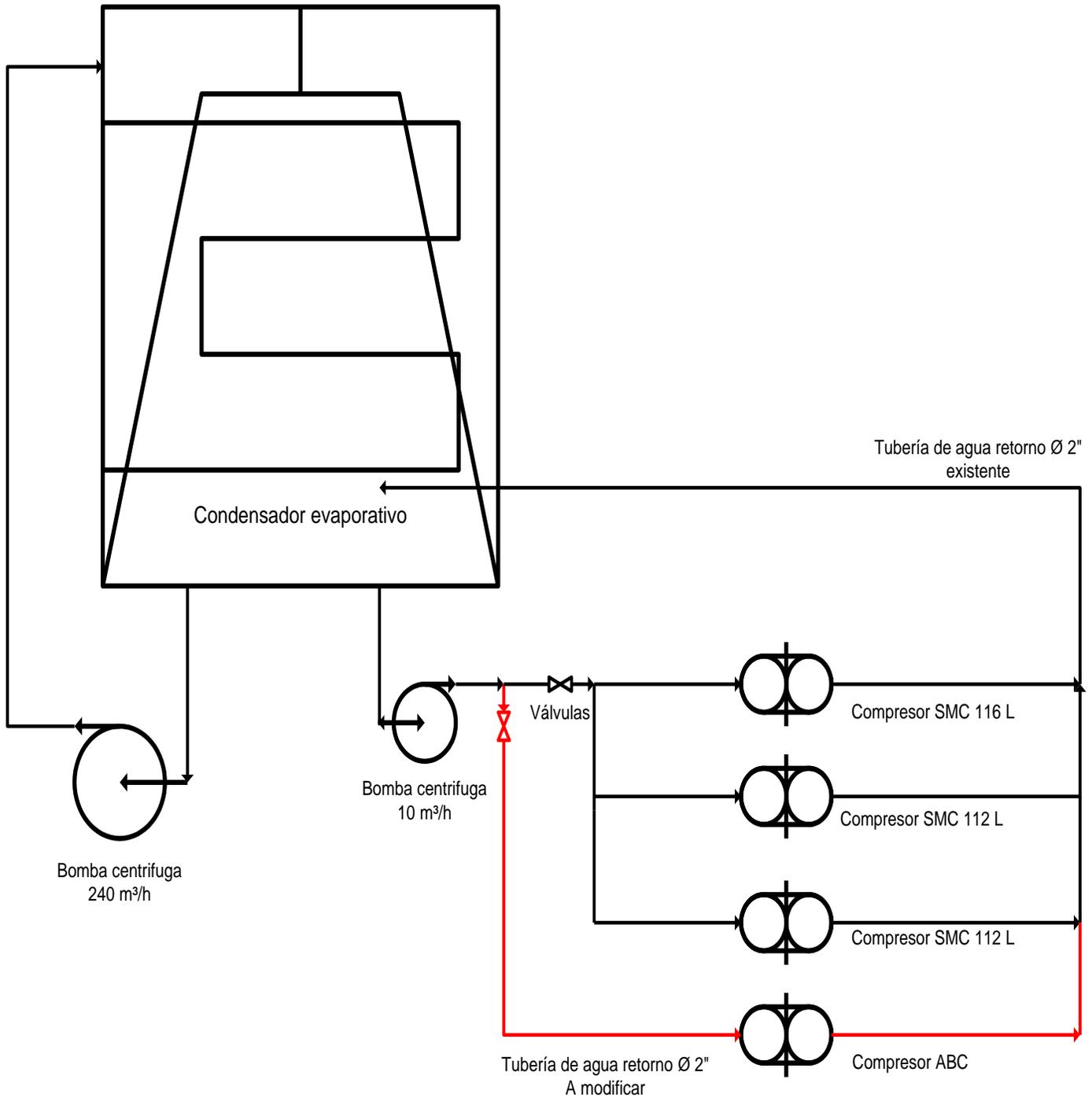
Impactos Ambientales	Contaminantes	Factor de emisión g/kWh	Factor de emisión g/l
Lluvias ácidas	NO <sub>x</sub>	3.41	8
	SO <sub>2</sub>	0.0984	0.399
Gases dañinos	CO <sub>2</sub>	0.23	0.6
Efecto invernadero	CO	799	2986
Hidrocarburos	HC	0.083	0.12

### Anexo # 2: Datos para realizar el balance de energía.

Fluidos	Masa (Kg/h)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	C <sub>p</sub> (Kcal/Kg°C)
Agua	3006.7	60	35	1
Jugo	10000	25	?	0.96

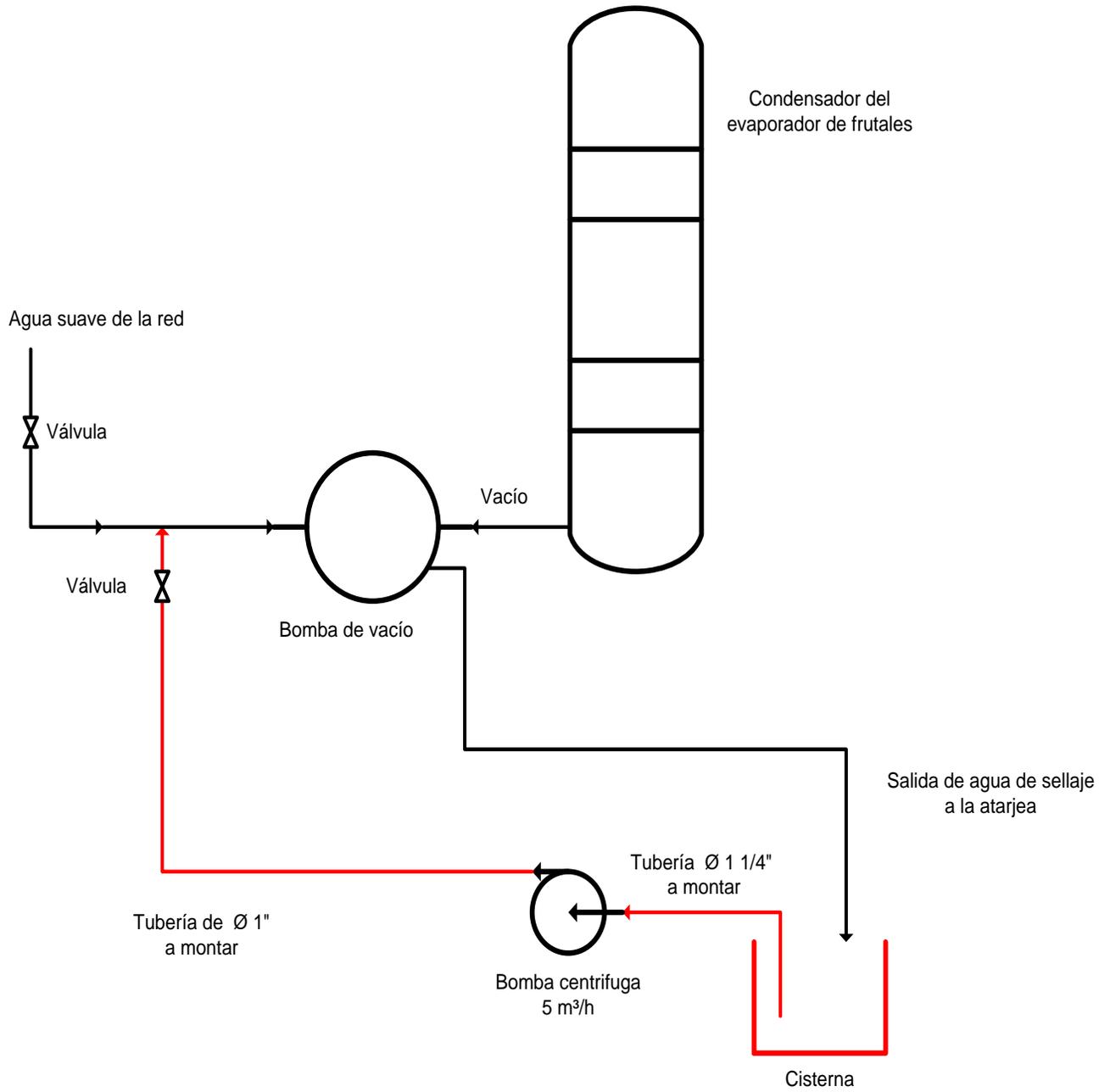
Anexo # 3

Opción 5: Reordenar el agua de enfriamiento del compresor ABC.



Anexo # 4

Opción 3: Recuperación del agua del anillo de sellaje de la bomba de vacío.



Anexo # 5

Opción 1: Utilización del agua del condensado vegetal en la limpieza no tecnológica.

