

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE QUÍMICA-MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA**



PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Titulo: Aplicación de una metodología de producción más limpia en la destilería Jesús Rabi

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

AUTOR: Yoanxis Vegas Fontes

TUTOR: Dra. Juana Zoila Junco Horta

Matanzas, 2009

PENSAMIENTO



“Es ley maravillosa de la naturaleza que solo esté completa el que da; y no se empieza a poseer la vida hasta que no vaciamos sin reparo y sin tasa, en bien de los demás, la nuestra.”(1)

José Martí.

Nota de Aceptación.

Presidente

Secretario

Oponente

Matanzas, ____ de _____ de _____.

Dedicatoria:

- A ellos que fueron, son y serán la razón por la cual hoy estoy en la cima de mi sueño, que a la vez también es su sueño, **mis padres.**
- A la Revolución por darme esta posibilidad maravillosa de estudiar esta carrera.
- A los que tuvieron esa paciencia admirable, esa estirpe envidiable de confiar en mí y saber que no los iba a defraudar, **mí familia.**

Agradecimientos:

- A mis padres por estar siempre presente cuando más los necesitaba, por sus alientos incondicionales, por ser mi máxima inspiración y saber que sin sus apoyos esto no hubiera sido posible.
- A mi profesor y tutor, Juana Zoila, que gracias a él uno de mis sueños se hará realidad, porque él fue el eslabón impulsor de esta tarea.
- A mi familia en general la cual fue de gran ayuda.
- A todas aquellas personas que contribuyeron de una forma u otra a la realización de este Trabajo de Diploma.

Declaración de Autoridad.

Por medio de la presente declaro y doy fe de que soy el único autor de esta tesis y que, en calidad de tal, cedo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” todos los derechos sobre la misma.

Resumen

En el siguiente trabajo se aplica una metodología de producción mas limpia propuesta por el PNUMA en la destilería Jesús Rabí la cual cuenta de cinco con el objetivo de identificar los principales problemas medioambientales y proponerles solución mediante opciones de producción mas limpia. En el mismo se realizan cálculos ingenieriles como balances de masas y energía, calculo hidrodinámicos para identificar los principales problemas que afectan a la planta y al medio ambiente.

Summary

In the following work of Alicia one methodology of production but clean proposal by the PNUMA in destileria Jesus Rabbi as counts of five phases with the objective to identify the principales medioambientales problems and to propose solution to them by means of options of production but ingenieriles like mass balance and energy limpia. En the same one are made calculos, hydrodynamics calculos to identify the main problems that affect the plant and al environment.

Tabla de Contenido.

Introducción.....	1
Capítulo 1 Análisis bibliográfico.....	2
1.1 Diagnostico Ambiental.....	2
1.1.1 Aspectos ambientales a diagnosticar en la destilería Jesús Rabí.....	2
1.1.2 Impacto Ambiental.....	2
1.1.3 Gestión Ambiental.....	3
1.3.1 Principios de la gestión ambiental de la cámara de comercio internacional.....	4
1.3.2 Sistemas de gestión ambiental	5
1.3.3 Normas y regulaciones vigentes en el país.....	6
1.4 Producción más Limpia.....	7
1.4.1 Generalidades de la producción más limpia.....	8
1.4.2 Objetivo de la Producción más Limpia	8
1.4.3 Donde se aplica.....	8
1.4.4 Como se aplica.....	9
1.4.5 Beneficios de la producción más limpia.....	9
1.4.5.1 Beneficios financieros.....	9
1.4.5.2 Beneficios comerciales	9
1.4.5.2 Beneficios Operacionales.....	9
1.4.5.3 Beneficios ambientales.....	10
1.4.5.4 Ejemplos de aplicación de metodología de producción más limpia en México.....	10
1.4.5.5 Ejemplos de aplicación de una metodología de P+L en Cuba.....	12
1.4.6 Fases de metodologías de P+L elaborada por el PNUMA.....	13
1.4.6.1 Fase I planeación y organización.....	13
1.4.6.1.1 Involucración y obtención del compromiso de la dirección.....	13
1.4.6.1.2 Establecimiento del equipo conductor.....	14
1.4.6.1.3 establecimiento de las metas de P+L.....	14
1.4.6.1.4I identificación de barreras y soluciones.....	14
1.4.6.1.5 Recomendaciones para superar las barreras en un proyecto de P+L.....	14
1.4.6.2 Fase II "Pre-evaluación del proceso ".....	15
1.4.6.2.1 Desarrollar el diagrama de flujo del proceso.....	15
1.4.6.2.2 Medición de entradas y salidas.....	15
1.4.6.2.3 Selección de las metas de P+L.....	15
1.4.6.3 Fase III " Evaluación.....	16

1.4.6.3.1	Elaboración del balance de materiales-----	16
1.4.6.3.2	Fuentes de información para obtener el balance de materiales-----	16
1.4.6.3.3	Evaluación de las causas-----	16
1.4.6.3.4	Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva-----	17
1.4.6.3.5	Causas relacionadas con la tecnología-----	17
1.4.6.3.6	Causas relacionadas con las prácticas operativas-----	17
1.4.6.3.7	Causas relacionadas con los residuos-----	17
1.4.6.3.8	Generación de opciones d P+L-----	17
1.4.6.3.9	Puntos básicos a considerar al generar opciones de P+L -----	18
1.4.6.3.10	Cambios en las tecnologías-----	18
1.4.6.3.11	Rehúso y reciclaje de la planta-----	18
1.4.6.3.12	Selección de las opciones de P+L-----	18
1.4.6.4	Fase IV " síntesis y evaluación de alternativas-----	18
1.4.6.4.1	Evaluación preliminar-----	18
1.4.6.4.2	Evaluación técnica-----	19
1.4.6.4.3	Evaluación económica-----	19
1.4.6.4.4	Evaluación ambiental-----	19
1.4.6.5	Fase V " Implantación y evaluación "-----	19
1.4.6.5.1	Preparación del plan de P+L-----	19
1.4.6.5.1.1	Modificaciones en la tecnología-----	20
1.4.6.5.1.2	Mantenimiento-----	20
1.4.6.5.1.3	Sustitución de materias primas o insumos-----	20
1.4.6.5.1.4	Reutilización en el sitio-----	20
1.4.6.5.1.5	Modificación de producto-----	20
1.4.5.1	Generación-----	20
1.4.5.2	Reducción -----	20
1.4.5.3	Tratamiento "Reciclaje"-----	21
1.5	Metodologías-----	21
Capítulo 2 Metodología de la investigación -----		22
2.1	metodología de la investigación-----	22
2.1.1	Caracterización del proceso-----	23
2.2.1	Fase I Pre- evaluativo-----	29
2.2.1.1	Establecimiento del equipo conductor del proyecto-----	29

2.2.1.2 Comprometimiento de la dirección -----	29
2.2.1.3 Estrategias de trabajo-----	29
2.2.1.4 Principales problemas ambientales-----	30
2.3 Fase II Evaluación previa "-----	30
2.3.1 Medición de entradas y salidas-----	30
2.3.1.1 Entradas de materias primas por áreas de producción y departamentos de la destilería-----	30
2.3.1.1.1 Área de fermentación y prefermentación-----	30
2.3.1.1.2 Área de destilación -----	31
2.3.1.1.3 Área de generación de vapor-----	31
2.3.1.1.4 Área de generación de corriente eléctrica grupo electrógeno-----	31
2.3.1.1.5 Laboratorio-----	31
2.3.1.1.6 Planta de tratamiento de agua-----	32
2.3.1.1.7 Departamento de recursos humanos-----	32
2.3.1.1.8 Departamento de economía-----	32
2.3.1.1.9 Departamento de venta-----	32
2.3.1.2 Salidas que salen de la destilería Jesús Rabí-----	32
2.3.1.2.1 Residuales líquidos que salen de la planta-----	32
2.3.1.2.2 Residuales sólidos de la destilería Jesús Rabí-----	33
2.3.2 Selección de las metas de P+L-----	33
2.3.3 Etapas de mayor generación de residuos y emisiones -----	33
2.3.4 Etapa de mayor pérdidas económicas-----	33
2.3.5 Riesgos para la seguridad del personal y el entorno-----	33
2.3.6 Presupuesto disponible para la realización de opciones de P+L-----	33
2.3.7 Capacidad de la empresa para obtener medos financieros-----	34
2.4 Fase III " Evaluación "-----	34
2.4.1 Balance de masa y energía en la caldera-----	34
2.4.1.1 Datos de trabajo de la caldera e instrumentos de trabajo-----	34
2.4.1.2 Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva---	36
2.4.1.3 Causas relacionadas con la tecnología-----	36
2.4.1.4 Causas relacionadas con las prácticas operatorias-----	36
2.4.2 Generación de opciones de P+L-----	37
2.4.3 Selección de opciones de P+L-----	37

2.5 Fase V Síntesis y evaluación de alternativas -----	37
2.5.1.1 Evaluacion preliminar-----	37
2.5.2 Evaluación técnica-----	37
2.5.3 Evaluación económica-----	37
2.5.4 Evaluacion ambiental-----	37
2.5.5 Seleccionar opciones factibles-----	37
2.6 Fase V " Implantación y evaluación "-----	38
Capitulo 3 Análisis de los resultados -----	39
3.1.1 Características de la destilería -----	39
3.2.1. Principales problemas ambientales-----	39
3.2.2 Establecimiento de las metas de P+L-----	39
3.2.3 Identificación de barreras y soluciones -----	40
3.3 Fase II " Evaluación Previa-----	40
3.3.1 Selección de las metas de P+L-----	40
3.3.2 Etapas de mayor generación de residuos y emisiones -----	40
3.3.2.1 Emision de gases-----	40
3.3.2.2 Emisión de residuos sólidos y líquidos-----	40
3.3.2.3 Emisión de ruidos-----	40
3.3.3 Mayores etapas con perdidas económicas-----	40
3.3.4 Riesgos para la seguridad y el entorno-----	41
3.3.5 Areas de mayores riesgos en la destilería-----	41
3.3.6 Presupuesto disponible para realizar las opciones de P+L-----	41
3.3.7 Capacidad de la empresa para obtener medios financieros-----	42
3.4 Fase III Evaluación -----	42
3.4.1 Cambio en la tecnología-----	49
3.5 Estudio de factibilidad-----	49
3.5.1 Evaluación preliminar-----	49
3.5.2 Evaluación técnica-----	49
3.5.3 Evaluación económica-----	49
3.5.4 Evaluación ambiental-----	50
3.6 Fase V Implantación "-----	50
3.6.1 Elevado consumo e energía eléctrica-----	50
3.6.2 Perdidas de vapor en las tuberías conductoras de vapor-----	54
3.6.3 Calculo de emisión de CO ₂ en los fermentadores-----	56

Conclusiones	-----58
Recomendaciones	-----59
Bibliografía	-----60
Anexos	-----63

Introducción

El impacto que ha provocado en los últimos años las emisiones industriales a la atmósfera, la contaminación medioambiental, el agotamiento de los recursos naturales no renovables, la promulgación ambiental y las desventajas económica que provoca solamente la utilización de sistemas de tratamientos son causas que impulsan a la utilización de la " Producción más Limpia " (P+L).

La industria azucarera en Cuba tiene un carácter tradicional y cultural, en los últimos años ha tomado medidas para mejorar su eficiencia. Esta industria es una industria consumidora de recursos naturales como el agua, además es altamente generadora de residuos líquidos y de emisiones de gases productos de combustión que contaminan la atmósfera por lo que se hace importante realizar estudios que permitan minimizar los efectos que la misma provoca al medio ambiente, los cuales pueden disminuirse implementando metodologías de (P+L).

La destilería del central azucarero Jesús Rabí es una identidad que trata de mejorar su eficiencia así como disminuir los efectos que provoca a su entorno y al medio ambiente en general, pero no ha realizado estudios profundos que permitan detectar los problemas medioambientales existentes que le permitan disminuir sus índices de contaminación y mejorar su eficiencia.

Problema: La destilería Jesús Rabí no tiene identificado los problemas que afectan al medio ambiente.

Hipótesis: Si se aplica una metodología de producción más limpia se pueden identificar los problemas medioambientales existentes en la planta pudiendo formular a partir de los mismos propuestas de solución.

Objetivo General: Aplicar una metodología de Producción mas Limpia para identificar los principales problemas ambientales que afectan al medio ambiente.

Objetivos Específicos:

- Identificar los principales problemas ambientales que presenta la planta.
- Proponer acciones de Producción mas Limpia a los principales problemas ambientales identificados en la planta.
- Actualizar el diagnostico ambiental en la planta.

Capítulo1: Análisis bibliográfico.

1.1 Diagnóstico ambiental.

El diagnóstico ambiental es un instrumento que permite trabajar la problemática ambiental de la institución de una forma planificada y participativa. Es una herramienta útil para todas las instituciones.

El diagnóstico ambiental va dirigido a la obtención de información sobre las características que presenta la entidad, región o instalación que está siendo objeto de análisis. (Cabrera, J.A. 2002; Oviedo, M.T. 2003)

1.1.1 Aspectos ambientales a diagnosticar en la destilería Jesús Rabí

1. Consumo del agua.
2. Consumo de la energía.
3. Ruidos y vibraciones.
4. Residuales líquidos.
5. Residuos sólidos.
6. Emisiones a la atmósfera

1.2 Impacto ambiental.

El impacto ambiental es la alteración neta, positiva o negativa en la calidad de los distintos sistemas, componentes o medio en la calidad de vida del ser humano como resultado de una actuación considerada. (Vicente Cenosa)

“El impacto ambiental constituye una alteración significativa a causa de las acciones humanas; su trascendencia puede incidir en la vulnerabilidad territorial. Esta es múltiple; puede presentarse respecto al riesgo de erosión, por la contaminación de acuíferos u otras. Esta diversidad de facetas siempre debería ponerse de manifiesto en una evaluación de impacto ambiental”.

La consideración del impacto negativo sobre el medio contrapone los conceptos de fragilidad, singularidad y rarezas, a las consideraciones de tipo técnico analizadas en los estudios de capacidad. (Espinosa, G. 2001; Modelo ambiental para el desarrollo sostenible)

Los impactos ambientales más significativos pueden ser:

- 1 Económicos.
- 2 Socioculturales.
- 3 Ambientales.

1.3 Gestión ambiental.

Se denomina **gestión ambiental** o **gestión del medio ambiente** al conjunto de diligencias conducentes al manejo del sistema ambiental. Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan el ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

La gestión ambiental responde al "cómo hay que hacer" para conseguir lo planteado por el desarrollo sostenible, es decir, para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente. Abarca un concepto integrador superior al del manejo ambiental: de esta forma no solo están las acciones a ejecutarse por la parte operativa, sino también las directrices, lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, que terminan mediando la implementación.

Disponible (http://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_ambiental)

Dentro del concepto de desarrollo sustentable, la gestión medioambiental se convierte en el principal instrumento de desarrollo concebido en términos de beneficio social, igualdad y equidad y no únicamente en términos económicos.

El término gestión tiene un primer significado amplio desde el punto de vista de diligencia para conseguir algo, realizar acciones para obtener un trámite o servicio en sentido general. Desde el ámbito medioambiental se hablaría de las acciones que hacen las distintas organizaciones, visto esto último en un sentido amplio, para preservar el medio ambiente y alcanzar el desarrollo sustentable. Por lo tanto dentro del marco de este contexto, el concepto de gestión ambiental se enfoca desde un sentido abarcador, tanto en el ámbito empresarial, como en el administrativo y en el gubernamental a los distintos niveles, los cuales se realizan en Europa y en los Estados Unidos desde hace relativamente poco tiempo. (Moreno, E; Pol, E. 1999; Oviedo, M.T. 2003; Russa, L.

2002). Concepto que asumirá este autor para el desarrollo, análisis e interpretación de la investigación.

1.3.1 Principios de la gestión ambiental de la cámara de comercio internacional. (CCI)

En general los principios de gestión ambiental de las empresas para conseguir un desarrollo sostenible deberán incluir:

Reconocer la gestión ambiental como una de las prioridades de la empresa y como un determinante del desarrollo sostenible, manifestando en su definición de políticas programas y buenas practicas de gestión

Integrar esas políticas, programas y práctica como un elemento esencial de la gestión en todas las funciones.

Incorporar procesos de mejoras continuas, teniendo en cuenta los nuevos conocimientos científicos, desarrollos técnicos, necesidades de los consumidores y expectativas de la comunidad, con las regulaciones legales como punto de partida. Aplicar el mismo criterio ambiental en el marco internacional.

Desarrollar la formación, entrenamiento y motivación de los empleados para que lleve a cabo su actividad de forma responsable desde el punto de vista ambiental.

Evaluar los impactos ambientales de cualquier nueva actividad a proyectar antes de su iniciación y antes de dismantelar una instalación o abandonar un emplazamiento.

Desarrollar productos y servicios que no produzcan impactos ambientales indebidos y que sean seguros para el uso que se destinan, que sean eficientes en su consumo de energía y recursos naturales y que puedan ser reutilizados, reciclados o dispuestos con seguridad.

Advertir y educar a clientes, distribuidores y consumidores de las formas seguras de utilizar, transportar, almacenar y disponer de los productos suministrados. Aplicar consideraciones similares a los servicios.

Desarrollar, diseñar y utilizar instalaciones y aplicaciones de actividades teniendo en cuenta el eficiente uso de la energía y los materiales, el uso sostenible de los recursos renovables, la minimización de los impactos naturales adversos y la generación de residuos, así como la disposición segura y responsable de estos residuos.

Realizar y dar soporte a las investigaciones de los impactos ambientales de materia prima, productos, procesos, emisiones, residuos, asociados a la empresa y los medios para minimizar estos impactos.

Modificar la fabricación, el mercadeo o el uso de productos o servicios a la conducción de actividades, de acuerdo con los conceptos científicos y técnicos, a fin de prevenir la degradación ambiental seria e irreversible.

Promocionar la adopción por parte de suministradores y contratistas del mismo comportamiento responsable, estimulando o cuando sea apropiado requiriendo formas de actuar como las de la empresa. Estimular una adopción mas amplia entre los principales suministradores.

Cuando exista algún tipo de peligro impulsar el desarrollo y el mantenimiento de planes de emergencia en coordinación con las autoridades relevantes y la comunidad local, reconociendo el potencial impacto transfronterizo.

Contribuir a la transferencia de tecnología y métodos de gestión ambientalmente responsables.

Contribuir al desarrollo de una política publica y de programas e iniciativas de educación sean empresariales, gubernamentales o intergubernamentales que mejoren la eficiencia y protección del medio ambiente.

Mantener un dialogo responsable con empleados y públicos que anticipe y responda a sus inquietudes acerca del riesgo e impactos potenciales de las operaciones, productos, residuos o servicios incluyendo los de carácter transfronterizo o global.

Medir el grado de ejecución ambiental, llevar a cabo auditorias ambientales de forma regular y evaluaciones de cumplimiento de los requisitos legales y con estos principios. Periódicamente suministrar la información apropiada a directivos, accionistas, empleados, autoridades y público. (Miguel Rigola)

1.3.2 Sistemas de gestión ambiental.

Los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en el Caribe son sistemas estructurados e integrados a la gerencia global, así como los procesos continuos, cuyos componentes son:

1. Política ambiental.
2. Planificación de un programa de gestión o plan de acción.
3. Implementación y operación.
4. Verificación y acción correctiva.
5. Revisión gerencial.
6. Mejoramiento continuo.

Un Sistema de Gestión Ambiental puede enfocarse a través de una fórmula:

SGA = eficiencia de recursos + manejo de desechos.

Con el transcurso del tiempo, muchas plantas han confirmado que sin entrenamiento y capacitación adecuada es inútil la implementación de SGA; ya que es fundamental una conciencia entre los involucrados para lograr el éxito. (Oviedo, M.T. 2003; Russa, L. 2002)

1.3.3 Normas y regulaciones vigentes en el país.

La legislación ambiental cubana, que introduce el sistema de contravención, establece la responsabilidad que tienen todas las empresas en el territorio nacional, dirigida a la protección del medio ambiente.

La implementación de un sistema de gestión ambiental en el país se reconoce oficialmente por parte de la oficina nacional de normalización. Las Normas de la Organización Internacional de Normalización ISO 14000, se incorporaron en 1999; a partir de este momento algunas entidades cubanas vienen trabajando para su certificación.

Paralelamente se vienen estableciendo otros mecanismos de estimulación de la responsabilidad ambiental en la dirección de las empresas; en el año 2000 se pone en vigor, a través de la Resolución 27/2000 de la Ministra de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, el Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN), y años más tarde se deroga la misma y se implanta la Resolución CITMA 135/2004 revalidada en enero de 2006 que tiene como vía de estímulos al desempeño de estas entidades, instrumento que sin tener una validación internacional, es sin duda un paso de avance en aquellas empresas que aspiran a mejorar su desempeño en un corto y mediano plazo. La generalización en la adopción del sistema de gestión ambiental por las empresas del país está afectada por la preocupación de los empresarios por los costos iniciales, sin tener en cuenta los beneficios que esta inversión reporta a la gestión productiva sobre bases económicas. (Oviedo, M.T. 2003)

Es importante la integración de la gestión ambiental con la calidad y con las estrategias que contemplen tanto las consecuencias implícitas en aquella transformación, como las del uso del producto y las implicaciones del subproducto que pueda generarse.
entidad.

En el proceso de perfeccionamiento empresarial que ha emprendido el país, a partir de la promulgación del decreto Ley 187, resulta una necesidad impostergable que las empresas

establezcan y desarrollen su sistema de gestión, para lograr un aprovechamiento de los recursos naturales y un adecuado cuidado del medio ambiente. Si se tiene en cuenta que: Gestión ambiental es el conjunto de actividades, mecanismo, acciones e instrumentos dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales y socio económicos, mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente. (Moreno, M. 2001)

1.4 Producción Más Limpia

"La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integral a los procesos y productos con el fin de reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente".

(El programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA)

La Producción mas Limpia es la estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia i disminuir los riesgos para los humanos y el ambiente. En cuanto a los procesos La Producción mas Limpia incluye la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la reducción de las materias primas toxicas así como la reducción de la cantidad, tanto de la toxicidad como de la cantidad de emisiones y de residuos, que van al agua, la atmósfera, y al entorno. En cuanto a los productos, la estrategia tiene por objetivo reducir todos los impactos durante el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas hasta el residuo final; promoviendo diseños amigables acorde a la necesidad de los futuros mercados. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI)

Son parte fundamental de la Producción Más Limpia la conservación y uso eficiente de la materia prima, agua y energía, así como la disposición y eliminación de materiales que pueden ser tóxicos, y la disminución de las emisiones y los desechos de la fuente, centrándose de igual forma en la reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida de los artículos producidos. (Acosta, E. 2004)

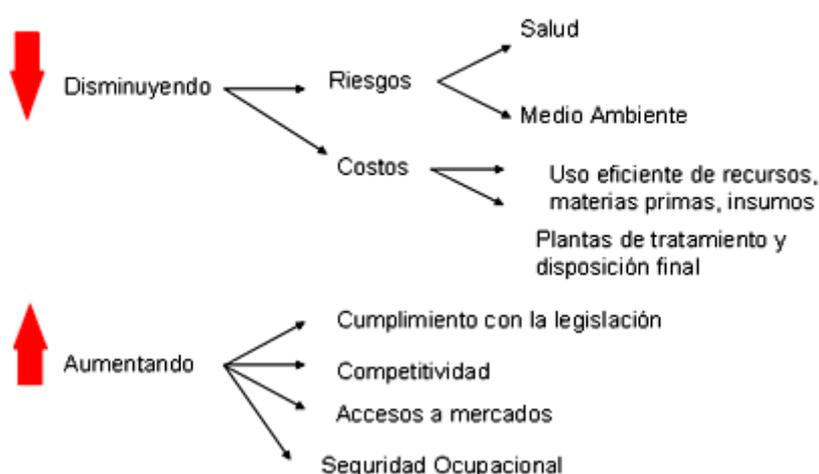
La introducción de la P+L requiere cambios en las actitudes que aseguren una gestión ambiental responsable, creen una política nacional conductora y evalúen las opciones tecnológicas. (Acosta, E. 2004; Producción Más Limpia en instalaciones turísticas. Generalidades y contratos)

1.4.1 Generalidades de la Producción Más Limpia.

El desarrollo industrial del país debe estar ligado a la conservación y protección del ambiente, para esto se requiere de una serie de políticas ambientales que incentiven el desarrollo sostenible, que permita a los industriales la adopción de procesos y tecnologías limpias y amigables con el ambiente y que ayuden al cumplimiento de la normatividad ambiental. (Acosta, E. 2004)

1.4.2 Objetivo de la Producción más Limpia

Minimizar residuos, emisiones y descargas en origen



(El programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA)

1.4.3 Donde se aplica

Procesos:

Conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía. Reducción de cantidad y toxicidad de emisiones, residuos y efluentes

Productos:

Reducción de impactos negativos en el ciclo de vida del producto desde extracción de materias primas hasta disposición final.

Servicios:

Incorporación del aspecto ambiental en el diseño y presentación.

1.4.4 Como se aplica

Un personal técnico especializado en P+L realiza en la empresa:

Diagnostico

Análisis de oportunidades de mejora

Análisis tecnológicos y económicos de las distintas alternativas

Capacitación

Implementación

Seguimiento y editaría

Resultados

1.4.5 beneficios de la Producción mas Limpia

1.4.5.1 Beneficios financieros

Reducción de costos a través de un mejor manejo energético

Reducción de costos a través de un mejor manejo de desechos

Minimización de la inversión de tratamiento de desechos, efluentes y emisiones

Reduce costos de disposición de desechos

1.4.5.2 Beneficios comerciales

1-Diversificación con nuevos productos

2-Mejora de imagen

3-Acceso a nuevos mercados

4-Aumento de las ventas

1.4.5.3 Beneficios operacionales

- 1-Aumento de la eficiencia de los procesos
- 2-Mejora condiciones de seguridad y salud ocupacional
- 3-Nuevos conocimientos generados al interior de la empresa
- 4-Efecto positivo en el personal

1.4.5.3 Beneficios ambientales

- 1-Cuidado del medio ambiente
- 2-Cumplimiento de la legislación ambiental
- 3-Mejora de la imagen ambiental de la empresa
- 4-Acercamiento a la implementación de ISO 14000
(El programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA)

1.4.5.4 Ejemplos de aplicación de metodologías de Producción más Limpia en México.

Para esto se seleccionaron seis empresas localizadas en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Los criterios de selección de empresas son:

- Representatividad: Se seleccionaron empresas maquiladoras, desde micro hasta mediana empresa, cuyos procesos típicos son cromados, galvanizado y anodinado. Con esto se buscó que los resultados obtenidos después del término del proyecto, se lograran difundir e implantar en otras empresas de galvanoplastia.
- Potencial: Se visitó previamente a las empresas para detectar el potencial que tenían para desarrollar algunas de las oportunidades de Producción Más Limpia.
- Actitud de los empresarios. Se determinó que la actitud positiva de los empresarios favoreciera el desarrollo del proyecto bajo la metodología de producción más limpia dentro de la empresa.
- Posibilidad de implantación de oportunidades: Se estableció el compromiso con los empresarios para implantar aquellas opciones factibles de producción más limpia resultantes de la evaluación.

El proyecto de demostración empezó en el mes de octubre de 1996 y terminó en marzo de 1997 en su fase de evaluación y hasta septiembre del mismo año se realizó la primera fase de implantación de oportunidades de producción más limpia y el monitoreo de las mismas. Actualmente se ha establecido un programa continuo de monitoreo de los resultados.

Los resultados estimados globales son los siguientes:

Reducción de la contaminación ambiental.

22% de las oportunidades reducen el consumo de agua y, por lo tanto, la descarga de aguas residuales. 21% reducen el consumo de materias primas, evitando su desperdicio y que se incorporen como parte de las aguas residuales o residuos industriales. Asimismo, 7% reducen la generación de residuos industriales. Por lo que se refiere a eficiencia energética, 26% de las oportunidades reducen el consumo de energía eléctrica y combustibles en las empresas.

Inversiones requeridas y beneficios económicos.

Muchas de las oportunidades de producción más limpia que se detectaron en el proyecto no involucran necesariamente inversiones altas para las empresas. 77% están en el intervalo de 0 a \$10,000.00.

Cabe hacer notar aquí que existen oportunidades con inversión nula, ya que se refieren únicamente a cambios de operación del proceso productivo. El resto de las oportunidades tienen inversiones mayores a \$10,000.00.

De forma general, para las seis empresas participantes en el proyecto de demostración, las inversiones totales alcanzan el nivel de \$320,000.00. Sin embargo, los beneficios económicos que se obtienen al implantar las oportunidades son mayores a \$1, 000,000.00. Por lo anterior, el periodo de recuperación de las inversiones es menor a seis meses lo cual indica que el proyecto de producción más limpia es muy factible para las empresas de este sector industrial.

Basado en lo anterior, las empresas generaron un plan de implantación de oportunidades de nula o baja inversión, de las cuales se obtienen recursos económicos para la implantación posterior de las oportunidades que requieren una inversión más alta.

Debido a los resultados favorables del proyecto de demostración para aquellas empresas participantes, se realizó entre los meses de octubre a diciembre de 1997 una segunda fase de producción más limpia en este sector. En estas empresas se detectaron oportunidades de producción más limpia en forma similar al primer proyecto de demostración, las cuales actualmente están en periodo de implantación y seguimiento.

También, se ha trabajado en el año 1999, con una empresa mediana, en la cual se detectaron oportunidades de mejora de proceso y ambientales que generan beneficios económicos muy beneficiosos.

Como resultado adicional del proyecto de demostración, se ha publicado ya la Guía de Producción más Limpia para el Sector de Galvanoplastia, la cual describe paso a paso la metodología y las oportunidades para el desarrollo de un programa de producción más limpia en las empresas de este sector industrial.

Disponible en [on line]: <http://www.w3.org>.

1.4.5.5 Ejemplos de aplicación de metodologías de (P+L) en Cuba.

La Empresa Textil «HILATEX» produce cerca de 1062 t /año de toallas y tejidos de rizo. Esta industria ubicada en una de las 8 cuencas hidrográficas más importantes de Cuba, tiene como uno de sus objetivos la reducción de la contaminación. Para ello se han emprendido un conjunto de acciones de PML que le han reportado a la empresa ahorros en el orden de 206 178 CUC/año y 20 397 CUP/año. Entre las medidas más importantes aplicadas se encuentran:

- Variación de los regímenes de trabajo establecidos en el proceso de teñido.
- Sustitución de productos químicos tóxicos por otros menos agresivos en el proceso de teñido con colorante reactivo.
- Optimización de productos químicos y auxiliares en el proceso de teñido con colorante reactivo (217 267 t/año).
- Reducción de la carga contaminante en 77,35 t DQO /año y 38,39 t de DBO /año.

La Empresa de Refinación de Aceite de Soya «H2» produce cerca de 16 000 toneladas de aceite de soya refino por año. Como resultado de la implementación de opciones de PML se obtuvieron los siguientes resultados: Por el rehusó de las aguas residuales poco contaminadas del proceso productivo:

- Ahorro de 10 000 m³ de agua de proceso/año
- Reducción de la carga contaminante en 2 000 Kg. DQO/ año.

Por el uso de los residuos como biocombustible:

- Ahorro de 95 MW/ año de energía
- Reducción de las emisiones de CO₂ en 25 374 t.

La Planta de producción de «Interferón alpha 2b recombinante», de La Habana pertenece al Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) y produce Interferón

alpha 2b recombinante para el tratamiento de la Hepatitis B y C y enfermedades cancerígenas.

Como resultado de la implementación de opciones de PML la planta obtuvo los siguientes resultados:

- Reducción del consumo de agua purificada en el proceso de producción en 2 780 m³ /bb de 3 MUI (millones de unidades internacionales) con un ahorro de 83 315 USD/año.
- Reducción del consumo de energía en 120 MW-h con un ahorro de 8 400 USD /año.

La Destilería «Antonio Guiteras» de las Tunas produce 8 500 L de alcohol por día.

Como resultado de la implementación de opciones de PML la empresa obtuvo los siguientes resultados:

- Reducción del uso de materias primas en 0,017 t melaza/ hL de alcohol producido con un ahorro de 127 500 USD /año.
- Reducción del consumo de agua para la etapa de limpieza en 7,41 m³ /hL de alcohol producido con un ahorro de 201 050 USD/año.
- Reducción del volumen de aguas residuales vertidas en 4,8 m³ / hL de alcohol producido.

La Empresa Industrial de Cítricos «Caballos» procesa cerca de 90 000 toneladas de frutas cítricas por año para la exportación de jugos concentrados congelados y aceites esenciales. Como resultado de la implementación de opciones de PML, la empresa obtuvo los siguientes resultados:

- Incremento de la producción en 26 %.
- Reducción del consumo de 21 144 L de fuel oil con un ahorro de 4 229,88 USD.
- Reducción del consumo de 99 339,26 L de diesel con un ahorro de 44 702,67 USD.
- Reducción del consumo de agua en 46 491,8 m³ con un ahorro de 9 298,36 USD.
- Reducción del consumo de energía eléctrica en 291 115 Kw.-h con un ahorro de 19 795,82 USD.
- Reducción de 1218 t de emisiones de CO₂
- Reducción de la carga contaminante en 508,3 t de DQO por año.

Tabloide protección ambiental y (P+L)

1.4.6 Fases de la metodología de Producción Más Limpia elaborada por el PNUMA.

1.4.6.1 Fase I “Planeación y organización”.

1.4.6.1.1 Involucración y obtención del compromiso de la dirección.

El compromiso de la dirección de la empresa es la fuerza impulsora para el desarrollo de un proyecto de Producción Más Limpia, pues implica disponer de recursos, materiales humanos y financieros para lograr los objetivos que espera la dirección de la misma.

1.4.6.1.2 Establecimiento del equipo conductor del proyecto.

Todos los departamentos afectados por la evaluación de Producción Más Limpia deberán involucrar al menos un representante en el equipo de trabajo. El tamaño del equipo estará conformado según la estructura organizacional de la empresa.

1.4.6.1.3 Establecimiento de las metas de P+L.

Las metas deben de ser ambiciosas para motivar a realizar un esfuerzo significativo dentro del proyecto de P+L y a la vez deben ser realistas para asegurar el éxito al llevarlas a cabo. Algunos criterios a considerar en la selección de estas metas se presentan a continuación:

1. Disposición final de residuos.
2. Incremento en la productividad.
3. Emisiones contaminantes al aire, agua y/o suelo.
4. Costos por confinamiento de residuos y/o emisiones.
5. Condiciones de operación y proceso.
6. Costos por consumo de materias primas y energéticas.

1.4.6.1.4 Identificación de barreras y soluciones.

Las principales barreras que pueden encontrarse para el establecimiento de las metas son las siguientes:

1. Actitud pesimista del personal y de la dirección de la planta.
2. Falta de comunicación interdepartamental.
3. Organización de la entidad.
4. Problemas económicos.
5. Carencia de información tecnológica.

1.4.6.1.5 Recomendaciones para superar las barreras en un proyecto de P+L:

1. Sensibilización de los directivos acerca de los beneficios económicos y ambientales que genera la aplicación de la P+L. Integración de los miembros de la compañía como un

equipo que mejorará las condiciones de producción de su compañía.

1.4.6.2 Fase II “Pre - evaluación del proceso”.

1.4.6.2.1 Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.

Para conocer cómo se encuentra trabajando la empresa, es muy importante desarrollar el diagrama de flujo de ella, con esta tarea se detectan aquellas etapas del proceso que requieran de una atención especial. Este diagrama debe ser lo más claro y sencillo posible para que cualquier miembro del equipo lo interprete correctamente. (Acosta, E. 2004)

1.4.6.2.2 Medición de entradas y salidas.

En esta etapa el equipo desarrolla y ejecuta un plan para lograr cuantificar de la manera más precisa las condiciones del proceso, por medio del registro de las cantidades de materias primas y energéticos consumidos, de residuos, emisiones y subproductos generados, con la finalidad de realizar un adecuado análisis de la eficiencia de las operaciones unitarias involucradas dentro del proceso. (Acosta, E. 2004)

1.4.6.2.3 Selección de las metas de P+L.

Habiendo obtenido la cuantificación de la planta, las metas propuestas pueden detallarse de una manera más precisa.

Deben considerarse los criterios de:

1. Etapas de mayor generación de residuos, emisiones y con mayores pérdidas económicas.
2. Costo de las materias primas y de los energéticos.
3. Cumplimiento con los reglamentos y normas presentes y futuras.
4. Costos por la administración de residuos y emisiones.
5. Riesgo de seguridad para el personal y el entorno.
6. Potencial para reducir o eliminar los aspectos que puedan obstaculizar la producción, donde se generan teniendo en cuenta que: una mayor cantidad de residuos genera mayores pérdidas económicas.
7. Tener en cuenta el presupuesto disponible para la realización de las opciones de P+L y la capacidad de las compañías para obtener medios de financiamiento.
8. Expectativas respecto a la competitividad de la empresa.

1.4.6.3 Fase III “Evaluación”.

1.4.6.3.1 Elaboración del balance de materiales.

La conformación de un adecuado balance de masa y energía tiene como finalidad, cuantificar y detectar las áreas donde hay alguna situación anómala, por ejemplo cuando se tienen emisiones fugitivas, una elevada generación de residuos, un elevado consumo de materias primas y un elevado desperdicio, entre otros.

Este balance sirve para estimar los costos de operación del proceso o bien determinar las entradas y salidas no cuantificadas. Al detectar este tipo de costos, el equipo tiene otro factor a su favor para convencer a la gerencia de la planta para que realice una inversión inmediata en este proyecto de P+L. (Acosta, E. 2004)

1.4.6.3.2 Fuentes de información para elaborar el balance de materiales.

Para realizar el balance de materiales se puede apoyar como fuente de información para obtener los datos requeridos:

1. Los registros de compra de materias primas.
2. Los inventarios de materiales y emisiones.
3. El registro de composición de lotes.
4. Las especificaciones de producto, y registros de operación.
5. Los procedimientos de operación estándar y manuales de operación.
6. Los muestreos y análisis de mediciones de materia prima, materiales de suministro, productos, residuos y emisiones.
7. La facturación de energía eléctrica, agua, combustible.
8. El libro de control de la limpieza de equipo y procedimientos de operación.
9. Las revisiones bibliográficas, apoyo de consultoría y lluvia de ideas del personal de la planta.

1.4.6.3.3 Evaluación de las causas.

Una vez obtenido el balance de materia y energía, este debe 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 de trabajo.

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

1.4.6.3.4 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.

1.4.6.3.5 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.

1.4.6.3.6 Causas relacionadas con las prácticas operativas.

Falta de personal calificado.

Desmotivación de los empleados.

1.4.6.3.7. Causas relacionadas con los residuos.

No se tiene un programa de reciclaje.

No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de residuos.

1.4.6.3.8 Generación de opciones de P+L.

Conociendo las fuentes de generación de residuos y emisiones, así como también las fuentes de desperdicio de materias primas y energéticas, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. Esta generación de opciones será de mucho mayor riqueza si se consideran las sugerencias de todos los miembros del equipo de P+L.

1.4.6.3.9 Puntos básicos a considerar al generar opciones de Producción Más Limpias.

Las opciones de P+L incluyen:

1. Cambios en las materias primas.
2. Cambios y modificaciones en la tecnología.
3. Generar buenas prácticas operativas.
4. Reutilizaje y reciclaje en planta.

1.4.6.3.10 Cambios en las tecnologías.

Los cambios en la tecnología son modificaciones que se realizarán al proceso con la finalidad de variar las condiciones que promueven una alta generación de residuos y/o emisiones, así como un uso eficiente de materias primas y energéticos.

1.4.6.3.11 Rehúso y reciclaje en planta.

La atención dada a las actividades de rehúso y reciclaje puede dar lugar a una recuperación de materias útiles y a la localización de nuevos factores que promuevan el uso adecuado de materias primas, reduciendo así los gastos innecesarios de ellas.

1.4.6.3.12 Selección de las opciones de P+L.

Una vez que han sido generadas las opciones de P+L, estas deben ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad, entre otros. En esta etapa no debe eliminarse ninguna opción a menos que sea obviamente no factible y por último las opciones similares deben fusionarse. (Acosta, E. 2004)

1.4.6.4 Fase IV “Síntesis y evaluación de alternativas”.

1.4.6.4.1 Evaluación preliminar.

Con la finalidad de determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental, las opciones seleccionadas deben ser sometidas a las siguientes evaluaciones:

1. Opciones técnicas vs procedimientos.
2. Relativamente sencillas o complejas.
3. Opciones de bajo, medio o alto costo de implantación.

1.4.6.4.2 Evaluación técnica.

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

1.4.6.4.3 Evaluación económica.

La finalidad de la evaluación económica es determinar si las opciones a implantar son adecuadas en el sentido de dar ganancias a la empresa. Un análisis adecuado de este tipo es vital, ya que de no ser así la opción puede dar lugar a un fracaso económico del proyecto lo cual desalentará cualquier otro tipo de inversión en esta área.

La evaluación económica se hace considerando los criterios de:

- Tasa Interna de Retorno.
- Valor Presente y Futuro de la Inversión.
- Período de Recuperación.

1.4.6.4.4 Evaluación ambiental.

La evaluación ambiental se encuentra destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energéticos, consumo de materia prima, entre otros.

Como criterio de selección debe dársele mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

1.4.6.5 Fase V “Implantación y evaluación

1.4.6.5.1 Preparación del plan de P+L.

Este proceso se inicia con el análisis preliminar de la evaluación de Producción Más Limpia y de las opciones seleccionadas, posteriormente se realiza un estudio económico para determinar la factibilidad del proyecto.

1.4.6.5.1.1 Modificaciones en la tecnología.

Las modificaciones en la tecnología van dirigidas a disminuir la generación de desechos sólidos y peligrosos, así como ahorro en el consumo de agua y energía.

1.4.6.5.1.2 Mantenimiento.

Un adecuado mantenimiento de las instalaciones permite tener un mejor control y manejo de los desechos, y prevención de pérdidas de insumos.

1.4.6.5.1.3 Sustitución de materias primas o insumos.

La variante de sustitución de materias primas o insumos conduce a la reducción o eliminación de materiales peligrosos que entren al proceso.

1.4.6.5.1.4 Reutilización en el sitio.

La reutilización en el sitio no es más que incorporar el material de desecho, ya sea al proceso de origen como materia prima sustituida o para otro proceso como materia prima.

1.4.6.5.1.5 Modificación de productos.

La modificación de productos incluye acciones que van desde la sustitución del producto hasta cambios en la composición del mismo. (Metodología de Producción Más Limpia)

1.4.5.1 Generación.

Después de reducir en lo posible la generación de desechos sólidos se puede buscar un lugar adecuado para almacenar temporalmente los desechos hasta que sean reutilizados o llevados al sitio de disposición final. Además, se deben identificar los materiales que se producen, para determinar aquellos que pueden tener un uso posterior.

1.4.5.2 Reducción.

Se busca concienciar, educar y sensibilizar a las personas en sus hábitos de consumo. Se induce a interiorizar que es recomendable comprar productos que se distribuyan en envases que sean retornables o biodegradables, y utilizar menos empaques en los productos para la venta.

1.4.5.3 Reutilización.

La acción más próxima a la generación de desechos es la reutilización, dándole a un artículo una función similar o distinta para la que fue creada.

1.4.5.4. Tratamientos “Reciclaje”.

El reciclaje es una de las opciones que se tiene para reincorporar los residuos sólidos al sistema productivo, con el fin de conducir a una reducción en la cantidad de residuos y disminuir los costos asociados al proceso de disposición final de los desechos. El reciclar implica las siguientes actividades:

1. La separación y recolección de materiales residuales.
2. La preparación de estos materiales para la reutilización, el procesamiento, y una nueva fabricación de productos.
3. La efectividad del procedimiento del reciclaje se logra cuando la separación en distintas categorías se da desde su fuente de generación. Además debe haber un mercado que utilice productos reciclados y empresas que reciclen. (Producción Más Limpia)

1.5 Metodologías

Las metodologías de Producción Más Limpia que se aplican actualmente en el mundo y en Cuba son las siguientes:

La primera es elaborada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y está compuesta por cinco fases:

Fase I Planeación y organización.

Fase II Pre - evaluación del proceso.

Fase III Evaluación.

Fase IV Síntesis y evaluación de alternativas.

Fase V Implantación y evaluación.

La segunda metodología de (P + L) es la propuesta por el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) la cual está compuesta por tres fases:

Fase I Pre - evaluativo.

Fase II Evaluativo.

Fase III Síntesis.

Capítulo 2: Metodología de la investigación.

2.1 Procedimientos y métodos utilizados en el desarrollo del proyecto de investigación.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se parte de analizar y plantear una estrategia de trabajo a seguir teniendo en cuenta el problema científico y los objetivos a seguir. Esto llevo a cabo a la confirmación del equipo multidisciplinario de trabajo, el compromiso de la dirección de la planta parte muy importante en el cumplimiento de la investigación y la estructuración metodológica de las fases de evaluación.

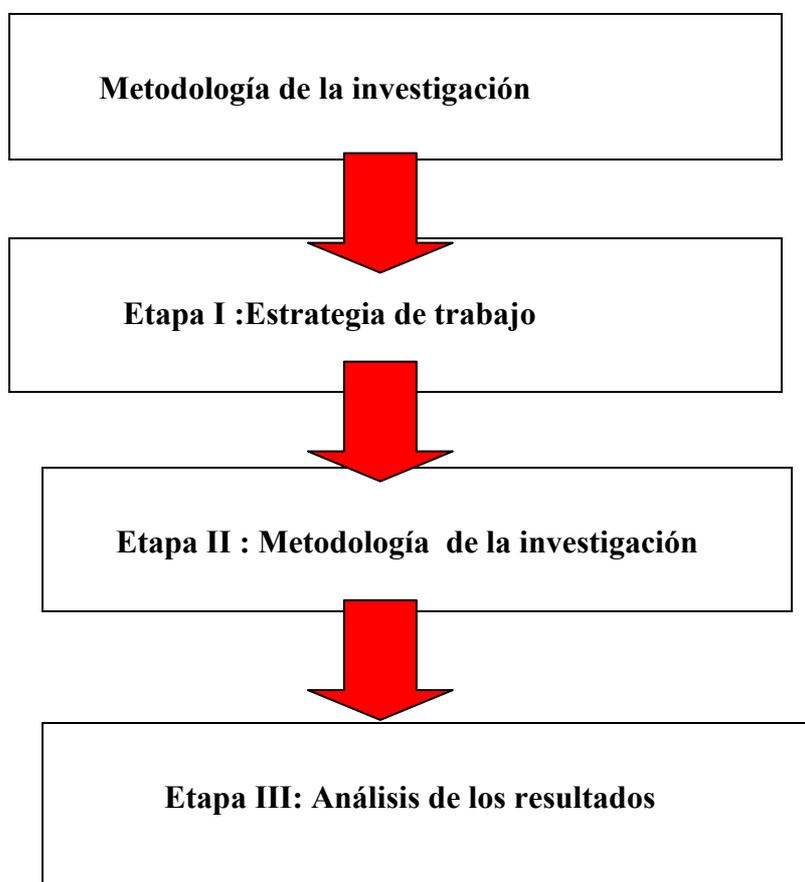


Figura 2.1 Metodología de la investigación.

La etapa 1 esta comprendida por las actividades fundamentales:

- Compromiso de la dirección de la destilería Jesús Rabí con el proyecto.
- Organización y estructuración metodológica de las fases de investigación.
- Estudio y análisis de informes y documentos así como la actividad tecnológica y

productiva de la planta.

La etapa 2 esta comprendida por las actividades siguientes:

- Realizar una estrategia detallada para priorizar las opciones de producción mas limpia.
- Valoración de los impactos.
- Actualización del diagnostico ambiental.
- Desarrollo e la metodología de producción más limpia.

Fase I: Pre- evaluativo

Fase II: Evaluación Previa

Fase III: Evaluación

Fase IV: Síntesis y evaluación de las alternativas

Fase V: Implantación y evaluación

La etapa 3 esta comprendida fundamentalmente por:

- Confección y discusión del informe final

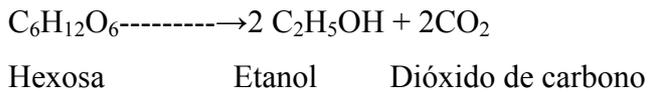
En la realización de la investigación se analiza el proceso productivo y tecnológico de la planta, se hace un análisis de la documentación e informes de la misma que generen acciones acometer para implementar soluciones que resuelvan los problemas ambientales.

Se realizo un intercambio con los tecnólogos y especialistas de las diferentes áreas para considerar sus criterios a la hora de la selección de las opciones de producción mas limpia.

Se empleó la metodología de Producción Más Limpia propuesta por el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) la cual consta de cinco fases de trabajo.

2.1.1 Caracterización tecnológica del proceso

El etanol puro es un líquido incoloro, transparente, volátil, inflamable y toxico. Su punto de ebullición es de 78,4° C y funde a 112,3° C, tiene una gravedad específica de 0,7851 a 20° C y es soluble en agua y en la mayoría de los líquidos orgánicos. Es unos de los productos químicos industriales más importantes, se produce por síntesis química y por fermentación, en cuanto al alcohol de fermentación producido por la acción de las levaduras sobre las hexosas según la siguiente reacción



Preparación de la materia prima

La materia prima utilizada son mieles de desecho provenientes de las fábricas azucareras Jesús Rabí, Mario Muños y René Fraga. Su preparación consiste en diluir la miel hasta una densidad adecuada para que pueda ser fermentada por la levadura, operación realizada en el Disolutor. Esta operación se realiza debido a que la alta concentración de azúcares impide el desarrollo y trabajo de la levadura por lo que se disuelve a una densidad que depende del % de alcohol que se desee obtener en la batición, capacidad en fermentadores y si se dispone del equipo de enfriamiento para regular la temperatura.

1. Proceso de pre-fermentación y fermentación

1-Preparación del inóculo en el laboratorio a partir de la cepa de levadura *Sacharomyce Cerevicial* según técnica analítica.

2-Preparación de la materia prima: se efectúa en un cultivador estático de capacidad 60m³/h diluyendo las mismas densidades promedio de 20° Brix en función de los azúcares fermentables para obtener concentraciones alcohólicas entre (7, 0-7,5) %

3-Esterilización: se efectúa en un equipo enchaquetado de capacidad 3000L con calentamiento indirecto de 12° C y presión (15-20) lb./in² durante 30 minutos incorporando ácido sulfúrico (H₂SO₄) 2 litros por carga, 10lb de urea y una libra de fosfato de amonio eventualmente, todo esto a temperatura de 32° C. De esta forma tenemos preparado el medio de cultivo obteniéndose un líquido de pH = (3,8-4,2) Esta solución se prepara al 70% del corrido (13-14) Brix.

4-germinador: se carga con el medio de cultivo a mitad de su capacidad (50L de líquido estéril) se introduce 10L de inóculo aplicándose aire filtrado todo el tiempo hasta la disminución de la mitad mas uno de los Brix iniciales, se realiza un relleno con medio de cultivo hasta completar 100L (máxima capacidad) que al bajar la mitad mas uno se encuentra en condiciones de pasar al cultivador. Toda esta operación se ejecuta después

de esterilizado el equipo tecnológico.

5- Cultivadores: se cuenta con cuatro cultivadores para mantener una frecuencia de bajar dos por turno al igual que sucede con los pre fermentadores lo que posibilita consumir dos fermentadores por turno (8h) a razón de 32 m³/h de esta forma esta balanceada la sala de fermentación que con un % alcohólico promedio de 7.0% posibilita producir 500 Hl. .Al cultivador se incorpora 3/5 partes de liquido estéril y 1/5 de fermento quedando la carga entre(12-12,5 Brix) estando listo para bajar el pre fermentador a la mitad mas uno del Brix inicial con un ciclo de (7-8h) realizando el laboratorio las determinaciones correspondiente. Una vez Descargado se aplica sistemas de limpieza y esterilización con agua y vapor durante 30 min.

6- Prefermentador, es un equipo de capacidad total de 20000 l, la capacidad utilizada es de 1500 l compartidos en el pie (3000 l) a un Brix del 70% del corrido, aplicando 2 litros de ácido sulfúrico y 15 libras de urea, manteniendo el aire todo el tiempo, al bajar la mitad mas uno del Brix inicial se procede a ser el primer relleno con miel diluida a un Brix que depende del ciclo del fermentador, incorporando de 25-30 lb. de urea y 3 litros de ácido sulfúrico

.Una vez que baje a la mitad mas uno del Brix inicial se descarga al pie del fermentador .El PH en la pre-fermentación oscila entre 4.5, el ciclo de fermentación esta entre las 12-14 h, posteriormente se aplica agua y vapor.

7-Fermentadores: equipo tecnológico con capacidad de 130m³ durante su llenado se realiza un pie con miel diluida al Brix de corrido en proporción de volumen con el pre fermentador incorporando 50 lb. de urea, se espera a que se active la fermentación y se procede al llenado sin interrupción hasta completar la capacidad adicionando 50 lb. de urea en la mitad del llenado aproximadamente en los 70 m³ de capacidad. Una vez terminada de llenar y que se alcance los 30° C se da inicio al enfriamiento el cual promedia 35° C en la batición que se encuentra fermentada en un ciclo entre 16 y 18 horas y 5 Brix aproximadamente de Brix final comenzándose a destilar una hora después de haberse detenido el proceso de fermentación aplicándose posteriormente limpieza con agua caliente tanto al fermentador como a los intercambiadores de placas los cuales su instalación esta hecha uno por cada dos fermentadores. El laboratorio realiza una valoración de la fermentación que incluye entre otros casos Brix inicial, Brix final, pH, acidez total, % alcohólico

Esterilización: la esterilización de los equipos tecnológicos se realiza de la forma

siguiente:

- Disolutor: cada 24 horas circulando vapor circulando vapor después de haberse lavado con agua.
- Sistema de cultivo: este sistema es esterilizado cada vez que concluye una operación produciéndose a un enjuague con agua y posteriormente se le introduce un quinto de agua y vapor durante 30 minutos, posteriormente se le retira agua y se deja vacío listo para ser operado nuevamente.
- Pre-fermentador: una vez terminado la operación de destilado se enjuaga con agua caliente a 89° C y se deja vapor durante 30 minutos.
- Fermentadores: Una vez terminada la operación de destilado se friega con agua caliente a 89° C y se deja libre de todo residuo.
- Sistema de aire: se aplica vapor de filtro a través de la camisa, esta operación se realiza los días de mantenimiento aproximadamente cada 15 días.

II. Proceso de destilación

La destilación es un proceso en el cual se pueden separar los componentes más volátiles de una mezcla mediante la vaporización provocada por la aplicación de calor y la consiguiente condensación de los vapores producidos.

El líquido que va ser destilado se alimenta a la columna de destilación en el plato situado en ese efecto, a la vez se le suministra calor en la paila de la columna mediante el vapor de la caldera, el líquido circula de los platos superiores a inferiores por gravedad y desciende por los bajantes hasta la base de la columna.

El vapor impulsado por la presión que ejerce asciende y atraviesa el líquido que circula por los platos.

Esta acción combinada de descenso del líquido y ascenso del vapor trae como consecuencia el calentamiento del líquido hasta su punto de ebullición el cual varía de acuerdo con el grado alcohólico del líquido y como el alcohol tiene un punto de ebullición menor que el del agua, los vapores que se van desprendiendo en el cada plato progresivamente se van enriqueciendo en alcohol a medida que van alcanzando los platos superiores, a expensas del líquido que va descendiendo hasta que llega exento de alcohol a la base de la columna.

Los vapores alcohólicos obtenidos pasan por una columna rectificadora y/o purificadora en dependencia del tipo de alcohol que se desea obtener.

El área de destilación esta compuesta por tres columnas: destiladora, rectificadora y purificadora esta última solo se utiliza cuando se va a producir alcohol fino “A”.

Características de la columna de destilación

- Equipo de forma cilíndrica ubicado en posición vertical, construida de cobre y acero inoxidable.
- Cantidad de platos: 23
- Tipo de platos: Perforados
- Cantidad de perforaciones por plato: 1700
- Diámetro de las perforaciones: 12mm
- Altura de la columna: 13,30m
- Diámetro de la columna: 2m
- Diámetro de los bajantes: 0,19m
- Altura de los bajantes: 0,48m

Características de la columna rectificadora

- Construcción acero inoxidable.
- Cantidad de platos: 53
- Tipos de platos: cazoletas
- Diámetro de la columna: 1,83m
- Altura de la columna: 15m

Esta columna se comunica con tres condensadores un primario, un secundario y otro terciario. Los vapores alcohólicos pasan por el calentavino o condensador primario circulando a través de este por la parte exterior de los tubos y por dentro de los mismos circula batición como medio de enfriamiento, de esta forma de aprovecha el calor latente para calentar la batición que va a ser destilada. De todos estos vapores los menos volátiles condensan y los otros siguen al condensador secundario el cual realiza la misma función que el calentavino pero difiere en que por los tubos circula agua como medio de enfriamiento. Los vapores no condensables en el mismo continúan al tercer condensador vertical donde se logra en forma liquida todos los vapores condensables, el resto escapa a la atmósfera.

Características de la columna depuradora

- Material de construcción: cobre
- Cantidad de platos: 56
- Tipos de platos: cazoletas
- Diámetro de la columna: 1,53m
- Altura de la columna: 12m

La producción de alcohol realizada por turnos de trabajo se contabiliza debido a esto se

utiliza tanques de control y almacenamiento, en total son seis los cuales se distribuyen en la producción de la forma siguiente:

Alcohol fino "A" -----Tanques 2 y 3

Alcohol técnico "A" ----- Tanques 4 y 5

Alcohol técnico" B"-----Tanques 1 y 6

La materia prima (miel) al llegar a la fábrica tiene un área de almacenamiento y control de la misma, los tanques de ferrocarril y las rastras de camiones se vacían en los bates de miel.

Características de los bates de miel

- Largo: 1,72m
- Ancho: 2,62m
- Altura: 1,80m
- Capacidad: 3316,53Toneladas

De la batea mediante una bomba se traslada al tanque de almacenaje y de este a los tanques de control cuando sea necesario el llenado de los mismos.

Características de los 2 tanques de control

- Largo: 7,63m
- Ancho: 3,5m
- Altura: 5,25m
- Capacidad total: 215 toneladas /día
- Volumen: 280m³

2.2 Desarrollo de la metodología de Producción Más Limpia para la propuesta de solución de los problemas ambientales

III. Área de bombas y compresores.

Está compuesta por una serie de bombas que realizan funciones específicas.

Características de la bomba de batición

- Modelo KWPK: 65-135
- RPM: 1750
- Capacidad: 9,7 L/s
- Head: 35m

Características de las dos bombas de aguas residuales y las bombas de amílico

- Modelo: S6-EXR 4/514
- Motor: 1,15KW
- RPM: 3480

- Año de fabricación: 1984
- Head: 20m
- Capacidad: 0,083m³/min.
- Nacionalidad: japonesa

Características de la bomba de agua residual de la columna depuradora

- Modelo: S6-EXR 4/514
- Motor: 1,15KW
- Head: 20m
- Capacidad: 0,167m³/min.

2.2.1 Fase I “Pre – evaluativo”.

2.2.1.1 Establecimiento del equipo conductor del proyecto.

El equipo multidisciplinario rector del proyecto se confecciono con un representante de cada una de las ares de la planta, esta selección se efectuó teniendo en cuenta el nivel cultural y educacional de los trabajadores, sus experiencias y conocimientos en sus áreas de trabajo, al mismo se le unieron diferentes especialistas del Ministerio de la Azúcar (MINAZ) trabajadores del central azucarero Jesús Rabí y profesores del departamento de química e ingeniería química de la universidad de Matanzas, se estableció un órgano de dirección integrado por la tutora y el autor de la investigación

2.2.1.2 Comprometimiento de la dirección.

Como indica la metodología un paso fundamental para llevar a cabo el proyecto es la incorporación de la dirección de la misma por lo que logro el compromiso del director de la planta, especialista principal así como todo el consejo de dirección después de transmitirles los beneficios que traería el desarrollo del proyecto para la planta

2.2.1.3 Estrategia de trabajo.

Desde cursos anteriores el autor estaba realizando proyectos y trabajos, aumentando sus conocimientos tecnológicos y operacionales conociendo las diferentes partes de la instalación y el desarrollo de ellas con el objetivo de ir recopilando información y detectar donde se encontraba los principales problemas ambientales. Se efectuó un levantamiento por áreas de los principales problemas ambientales existentes, se realizaron consultas a especialistas del MINAZ en medio ambiente y directivos de la destilería y central azucarero Jesús Rabí con el objetivo de ver la posibilidad de mejoras tecnológicas de la planta, se hizo consultas con especialistas en sistemas de generación de vapor con el objetivo de conocer el funcionamiento de la caldera de la

planta. Se realizo un cronograma de trabajo para cada unas de estas áreas teniendo en cuenta la complejidad, la importancia y la repercusión que tendrían las mismas para la planta, se analizo y discutió con la tecnólogas principales los principales problemas detectados para proponerles solución con opciones de producción mas limpia

2.2.1.4 Principales problemas ambientales.

Con la ayuda de la cotutora del proyecto se actualizo el diagnostico ambiental por cada unas de las áreas de la destilería donde se detectaron cada uno de los problemas existentes para de esta forma saber los problemas que con el desarrollo del proyecto de tratarían de solucionar y darle prioridad a los mas importantes.

2.3 Fase II “Evaluación previa”.

2.3.1 Medición de entradas y salidas.

Para lograr cuantificar las entradas y salidas que transitan a diario por la Destilería Jesús Rabí se dividió las entradas de materias primas por áreas de producción con el objetivo de conocer las diferentes materias primas que se consumen en las diferentes áreas, la cuantificación y clasificación de residuos que se generan en las mismas, el costo de materias primas y los volúmenes usados de las mismas en sus diferentes unidades de medida. Se cuantifico la cantidad de energéticos consumidos en la destilería Jesús Rabí, combustibles petróleo y fuel oil así como la estimación del consumo de electricidad y de agua. Para medir las salidas se midieron los flujos del mosto de la columna de destilación y los desechos de la fermentación que van a la zanja y se consulto con la responsable de ventas para cuantificar las ventas diarias de la levadura *Sacharomyce Cerevicial* residuos obtenido en el proceso de fermentación que es vendido para la alimentación porcina. Se consulto al personal del laboratorio para contabilizar y clasificar los reactivos que se utilizan en el mismo. Los datos fueron tomados de las áreas de producción de fermentación, destilación, caldera, laboratorio y departamento de ventas. Para este balance se escogió la campaña de producción 2007-2008.

2.3.1.1 Entradas de materias primas por áreas de producción y departamentos de la destilaría.

2.3.1.1.1 Área de fermentación y prefermentación

En esta área se fermentan los azucares presentes en la miel para luego ser llevados al proceso de destilación.

Grupo de materia prima que llega a esta ara de producción.

- Miel
- Agua.
- Ácido sulfúrico al 98%
- Urea

2.3.1.1.2. Área de destilación

Esta área es la encargada de producir el alcohol mediante sus columnas de destilación utilizando solamente la batición fermentada de la sala de fermentación y el vapor proveniente de la caldera o del central azucarero Jesús Rabí.

2.3.1.1.3 Área de generación de vapor

Esta área es la encargada de producir el vapor que se utiliza en toda la planta ya sea en el área de destilación o fermentación.

Grupos de materias primas que llegan a esta área.

- Petróleo
- Combustible fuel oil.
- Agua

2.3.1.1.4 Área de generación de corriente eléctrica o grupo electrógeno.

Esta área es la encargada de generar corriente eléctrica en caso de haber fallos en la red nacional para abastecer a los diferentes equipos que consumen corriente eléctrica.

Grupo de materias primas que se utilizan en esta área

- Petróleo

2.3.1.1.5 Laboratorio

Es el encargado del control y calidad del producto final así como el análisis de las diferentes variables en las áreas de producción.

En el laboratorio reutiliza el siguiente grupo de reactivos:

- Insumos generales.
- Material e insumos de limpieza.
- Alimentos.
- Permanganato de potasio
- Dicromato de potasio
- Ácido sulfúrico 98%
- Hidróxido de sodio
- Sodio
- Ácido clorhídrico

- Sulfato de cobre II
- Carbonato de calcio

2.3.1.1.6 Planta de tratamiento de agua

Es la encargada de realizar el tratamiento de agua para que llegue a la caldera con la calidad requerida, esta planta no funciona adecuadamente por lo que se esta trabajando en la posibilidad de su mejoramiento o un nuevo diseño.

Grupo de materia prima que llega a esta área.

- Carbonato de calcio

2.3.1.1.7 Departamento de Recursos Humano.

Es el encargado del comedor de empleados, de la gestión de recursos humanos, atención al hombre.

Grupos de materias primas que llegan a este departamento.

- Insumos informáticos.
- Material de oficina e impresos.
- Insumos generales.
- Útiles de operación y otros.

2.3.1.1.8 Departamento de Economía.

Este departamento es el que se encarga del control de los costos, cuentas por cobrar a las agencias de prepago, caja, y banco.

Grupos de materias primas que llegan a este departamento.

- Material de oficina e impresos.
- Insumos informáticos.

2.3.1.1.9 Departamentos de Ventas.

Es el encargado de las relaciones públicas, embajadores, celebraciones de bodas, representantes y reservas.

Grupos de materias primas que llegan a este departamento:

- Materiales de oficina e impresos.
- Materiales de comercialización.
- Insumos informáticos.

2.3.1.2 Salidas de la destilaría " Jesús Rabí "

2.3.1.2.1 Residuales líquidos que salen de la planta.

Los residuos líquidos que salen de la planta es el mosto desecho de la columna de

destilación el cual va a la zanja y sale a una temperatura elevada 105° C, esto va hacia una laguna de oxidación, otro residuo es el agua residual que sale por el fondo de la columna rectificadora (Columna que rectifica el alcohol que proviene de la columna destiladora para elevar su calidad)

2.3.1.2.2 Residuales sólidos de la destilería “ Jesús Rabí ”.

El residuo sólido que se genera es la levadura *Sacharomyce Cerevicial I* cual se produce en los fermentadores y se diluye en agua para facilitar su bombeo, esto se vende ya que es utilizada en la alimentación porcina.

2.3.2 Selección de las metas de P+L.

Para seleccionar las metas de P+L se discutió con la jefa de producción y la tecnóloga especialista en microbiología y se aprobaron debido a la importancias que poseen las mismas.

- Disminuir al máximo los gastos de combustible y energía eléctrica.
- Disminuir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente.
- Disminución del consumo de agua..

2.3.3 Etapa de mayor generación de residuos y emisiones.

La etapas de mayor generación de residuos y emisiones se definió con la cooperación del equipo multidisciplinario siendo estas las mayores contaminantes al medio ambiente, estas áreas son el equipo de generación de vapor que emite gases contaminantes como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre y los fermentadores que son a cielo abierto lo que provoca la emisión elevada de dióxido de carbono gas que provoca efectos muy desagradables al medio ambiente

2.3.4 Etapas con mayores pérdidas económicas.

Se determinó las etapas de mayor pérdidas económicas con la ayuda de la especialista de producción siendo esta en el equipo de generación de vapor el cual es de vital importancia en la planta, ya que su inestabilidad afecta directamente la eficiencia de la planta y de la torre de destilación y roturas inesperadas del mismo provoca pérdidas ya que se envía a la zanja materias primas.

2.3.5 Riesgos para la seguridad del personal y el entorno.

Los riesgos para la seguridad personal y el entorno se determinaron consultando todas las sustancias que se utilizan en el laboratorio de la destilería, las emisiones de la

chimenea que pueden ir a poblaciones cercanas, el peligro potencial de obtener un producto altamente explosivo como el etanol, las emisiones de residuos líquidos que se envían al entorno y se evaluó por ares como el personal cumplía con las medidas de seguridad y protección.

2.3.6 Presupuesto disponible para la realización de las opciones de Producción Más Limpia.

Se consultó con el director de la destilería y la económica sobre la posibilidad de la existencia de algún presupuesto que pudiera ser utilizado en opciones de producción mas limpia.

2.3.7 Capacidad de la empresa para obtener medios de financiamiento.

Según el departamento de economía la destilería anualmente cumple con su plan de producción y obtiene ganancias por lo que se puede considerar una identidad rentable.

2.4 Fase III “Evaluación”

Para la evaluación se decidió realizar en la destilería un balance de masa y energía en el generador de vapor, cálculos generales de emisiones de dióxido de carbono en los fermentadores y cálculos hidrodinámicos en el sistema de bombeo de batición.

Para la realización del balance de masa y energía se aplicó los fundamentos de la asignatura principio de ingeniería química (PIQ) con la asesoría del profesor, los libros de texto y la ayuda del especialista en equipos de generación de vapor y el ingeniero integral del central Jesús Rabí para lograr estructurar el trabajo y obtener los datos requeridos para los cálculos necesarios.

2.4.1 Balance masa y energía en las calderas.

2.4.1.1 Datos de trabajo de la caldera e instrumentos utilizados.

▪ La presión de trabajo de la caldera se midió con un manómetro reloj.

- Material del manómetro: acero níquel.
- Unidad de medida: Bar.
- Escala del manómetro: de 0 a 6 Bar.
- Marca de fabricación del instrumento: Wika
- País de fabricación: Italia.
- Calibrado: $KL = 1,0$
- Ubicación del instrumento en la tubería: vertical.

La temperatura de salida del agua en la caldera se midió utilizando un termómetro.

- Material del termómetro: una aleación de bronce.
- Unidad de medida: ° C
- Escala del termómetro: de 0 a 120 ° C.
- Marca de fabricación del instrumento: Gesa.
- País de fabricación: Italia.
- Ubicación del instrumento en la tubería: vertical.

▪ La temperatura de entrada de combustible a la caldera se midió utilizando un termómetro.

- Material del termómetro: una aleación de bronce.
- Unidad de medida: ° C.
- Escala del termómetro: de -30 ° C a 50 ° C.
- Marca de fabricación del instrumento: Gesa.
- País de fabricación: Italia.
- Ubicación del instrumento en la tubería: horizontal.

▪ La temperatura de entrada del aire a la caldera se midió utilizando un termómetro.

- Material del termómetro: una aleación de bronce.
- Unidad de medida: ° C.
- Escala del termómetro: de -30 ° C a 50 ° C.
- Marca de fabricación del instrumento: Gesa.
- País de fabricación: Italia.
- Ubicación del instrumento en la tubería: horizontal.

▪ La temperatura de entrada del agua a la caldera se midió utilizando un termómetro.

- Material del termómetro: una aleación de bronce.
- Unidad de medida: ° C.
- Escala del termómetro: de 0 ° C a 120 ° C.
- Marca de fabricación del instrumento: Gesa.
- País de fabricación: Italia.
- Ubicación del instrumento en la tubería: vertical.

▪ La masa de agua que entra a la caldera se midió con un flujómetro.

- Material del flujómetro: Acero.

- Unidad de medida: m³/h
 - Marca de fabricación del instrumento: AHS.
 - País de fabricación: Italia.
 - Ubicación del instrumento en la tubería: horizontal.
 - Error del instrumento: 0,1
- El consumo de combustibles en la caldera se obtuvo midiéndolo con un flujómetro instalado en la misma.
- Material del flujómetro: acero.
 - Unidad de medida: m³/h y dm³/h.
 - Escala del flujómetro: no posee.
 - Marca de fabricación del instrumento: Wizat.
 - Modelo: KG-3S.
 - País de fabricación: Corea.
 - Ubicación del instrumento en la tubería: horizontal.
 - Error del instrumento: 0,1.
 - Flujo máximo (Q máx) = 3,0 m³/h.
 - Flujo mínimo (Q mín.) = 0,016 m³/h.
 - Serie: 2006 – 018016.

Datos complementarios

El % de aire en exceso de la caldera se tomo de la se obtuvo de la ficha técnica de la caldera.

El desarrollo del balance se muestra en el capítulo 3.

2.4.1.2 Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva.

Se realizó un estudio desde el punto de vista ambiental de todas las materias primas que se utilizan en la destilería observando las fichas técnicas de las materias primas.

2.4.1.3 Causas relacionadas con la tecnología.

Se efectuó un análisis de todos los equipos a los que se les ejecutan un sistema de mantenimiento, se inspeccionaron todas las instalaciones tecnológicas y se revisó el diseño de los equipos con el objetivo de comprobar si se encontraban trabajando en correspondencia a la función que realizan.

2.4.1.4 Causas relacionadas con las prácticas operativas.

Se comprobó mediante intercambios con los operadores y responsables de las áreas de producción si sus responsabilidades ante el trabajo se encontraban de acuerdo con las

tareas signadas por la dirección d la destilería

2.4.2 Generación opciones de Producción Más Limpia.

Se seleccionó las opciones de producción más limpia utilizando la generación de buenas prácticas operacionales, cambios o modificaciones en la tecnología para reducir o eliminar las emisiones, uso eficiente de la energía y del agua.

2.4.2.1 Cambios y modificaciones en la tecnología.

Se analizaron los equipos mayores consumidores de combustible (petróleo y fuel oil) y de energía eléctrica con el objetivo de realizarle un tratamiento que disminuya el consumo.

2.4.3 Selección de las opciones de Producción Más Limpia.

Se realizó una estrategia en el ordenamiento de las opciones de producción mas limpia la cual estuvo dirigida principalmente al grado de significación que tienen para la destilería, se realizó de acuerdo a los criterios de la dirección de la planta y la dirección del equipo conductor del proyecto.

2.5 Fase IV “Síntesis y evaluación de alternativas”.

2.5.1 Evaluación preliminar.

Se analizaron las opciones seleccionadas desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Se describen en el Capítulo 3.

2.5.2 Evaluación técnica.

Se realizó un proceso de evaluaciones técnicas a cada una de las opciones de producción mas limpia propuestas para así conocer el impacto que tendrán estas opciones en el tiempo de operación y en la capacitación o cambio del personal.

2.5.3 Evaluación económica.

En esta etapa de la fase se realizó una interpretación acerca de la incidencia en el aspecto económico de las opciones de P + L .Se analizaron también las causas que incidían en cada problema ambiental identificado y la selección de la de mayor significación a través del método Kendall.

2.5.4 Evaluación ambiental.

Se realizó la evaluación ambiental con la ayuda de los especialistas del central azucarero Jesús Rabí y los tecnólogos de la destilería en función de los beneficios que reporta la implementación de la metodología de producción más limpia en la destilería

Jesús Rabí. Los resultados se muestran en el capítulo 3.

2.5.5 Seleccionar opciones factibles.

Las opciones más factibles fueron seleccionadas por un criterio por puntos propuesto por el PNUMA e implementado y discutido por la jefa de producción, la tutora de la investigación y el autor de la misma, con una escala de puntuación del 1 al 10. La información detallada se expone en el Capítulo 3.

2.6 Fase V “Implantación y evaluación”.

En esta fase se valoraron las recomendaciones a efectuar para la implantación futura de dichas opciones, después de efectuarse un estudio económico más profundo.

Capítulo 3: Análisis de los resultados.

A continuación en este capítulo se muestran los resultados de la aplicación de la metodología de producción más limpia desarrollada en la destilería Jesús Rabí mostrada en el Capítulo 2. Ya cumplida la fase 1 de la metodología de producción más limpia se pasó a identificar los principales problemas ambientales y el análisis de las posibles alternativas de solución.

3.1 Fase II “Evaluación previa”.

3.1.1 Caracterización de la destilería.

Nombre: Destilería Jesús Rabí

Dirección: Consejo Popular Céspedes-Rabí, municipio de Calimete, Matanzas, Cuba.

Teléfono: 375366

Organismo a que pertenece: MINAZ

Persona que la representa: Técnico Clemente

Área que ocupa superficie edificada: 90 m²

Promedio de empleados: 63

3.2.1. Principales problemas ambientales.

La actualización del diagnóstico efectuado aplicando la metodología del CITMA resolución 135/2004 revalidada en enero de 2006 ratificó como principales problemas ambientales:

- Los fermentadores están diseñados a cielo abierto.
- El mosto sale a una temperatura de 107° C.
- Las tuberías conductoras de vapor presentan tramos sin aislamiento o más aisladas.
- Consumo excesivo de energía eléctrica en el sistema de bombeo de batición.

3.2.2 Establecimiento de las metas de P+L.

Después de detectados los principales problemas ambientales se establecieron como metas:

- Proponer el aislamiento adecuado de las tuberías conductoras de vapor.
- Proponer acciones para disminuir el consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo de batición.
- Proponer un sistema de compresores para obtener y almacenar el dióxido de carbono en los fermentadores.

3.2.3 Identificación de barreras y soluciones.

En el desarrollo del proyecto se detectó por observación directa del autor apoyado por el equipo que las principales barreras son las siguientes:

- Poca información tecnológica.
- Falta de personal calificado en el área de dirección de la planta.
- Poco deseo de hacer innovaciones en la tecnología.
- Falta de flujómetros en las tuberías de agua.

3.3 Fase II “Evaluación previa”.

3.3.1 Selección de las metas de P + L.

Las 4 metas descritas en el Capítulo 2 fueron seleccionadas para el análisis y propuesta de soluciones sobre las barreras identificadas.

3.3.2 Etapa de mayor generación de residuos y emisiones.

En la consideración de este autor, el envío al atmósfera de gases como el dióxido de carbono y el monóxido de carbono gases de efecto invernadero constituye el mayor índice de contaminación, al igual que los residuos que van a la zanja que con el transcurso del tiempo al descomponerse en la laguna contiene componentes que afectan al medio ambiente.

Las emisiones son emitidas en las siguientes áreas:

3.3.2.1 Emisión de gases.

- Sala de fermentación
- Equipo de generación de vapor

3.3.2.2 Emisión de residuales sólidos y líquidos.

- Sala de fermentación
- Columna de destilación

3.3.2.3 Emisión de ruidos.

- Equipo de generación de vapor.

3.3.3 Etapas con mayores pérdidas económicas.

Las mayores pérdidas de la planta se concentran en el equipo de generación de vapor ya que de su eficiencia depende el buen funcionamiento de la instalación, una inestabilidad en el mismo provoca que las columnas de destilación no puedan trabajar óptimamente,

además provoca pérdidas de tiempo por roturas provocadas por la mala calidad del agua de alimentación a la caldera y cuando esto ocurre repentinamente se envía a la zanja materia prima, el no aislamiento de las tuberías conductoras de vapor lo que provoca que se tenga que producir más vapor del necesario lo que a su vez provoca un mayor consumo de combustible y agua, el sistema de bombeo de batición presenta sobrediseño lo cual provoca un mayor consumo de energía eléctrica.

3.3.4 Riesgos para la seguridad del personal y el entorno.

El hecho de obtener un producto altamente explosivo como el etanol ya representa un riesgo potencial, el personal como su alrededor están bajo el efecto de la manipulación de los residuales de la planta, la emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, el empleo de sustancias químicas utilizadas en el laboratorio y el proceso de fermentación, la emisiones de ruidos inciden sobre el hombre y el medio ambiente.

3.3.5 Áreas de mayores riesgos en la destilería.

1. El laboratorio donde se utilizan reactivos químicos para la realización de los diferentes análisis.
2. En el proceso de fermentación donde se utiliza como nutriente ácido sulfúrico concentrado.
3. En los fermentadores donde se esta expuesto al dióxido de carbono que emiten los mismos.

3.3.6 Presupuesto disponible para la realización de las opciones de Producción Más Limpia.

En la situación actual no se dispone de un presupuesto dedicado al financiamiento de opciones de Producción Más Limpia.

3.3.7 Capacidad de la empresa para obtener medios de financiamiento.

Se analiza la posibilidad de un presupuesto utilizable en el financiamiento de opciones de producción mas limpia acorde con la capacidad de la planta para obtener medios financiamientos

3.4 Fase III “Evaluación”

Se realizó un balance de masa y energía en la caldera con la finalidad de comprobar si estaban funcionando con pérdidas de energía. Este balance se realizó siguiendo la

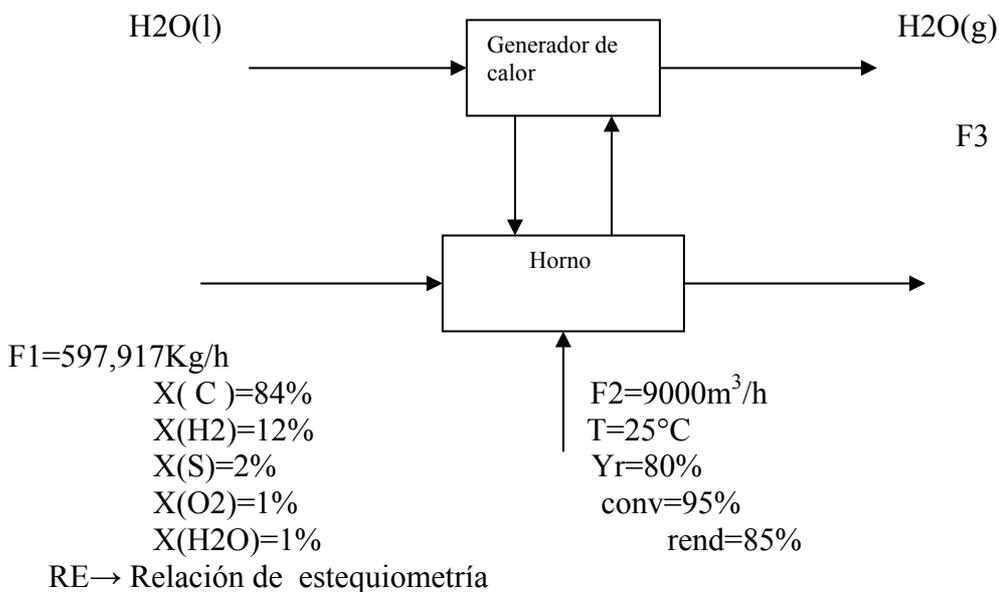
metodología propuesta por (Pons, A.1990).

A partir de la ecuación general de balance de masa y energía se efectúa el mismo.

$$n \text{ entra} - n \text{ consume} + n \text{ genera} = n \text{ sale} \quad (3.1)$$

Balance masa y energía en la caldera.

3.1-Balance de masa y energía en la caldera



Procedimiento de cálculo:

▪ Posibles reacciones

- 1 - $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- 2 - $\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$
- 3 - $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- 4 - $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

Se comienza con un balance de masa en el horno ya que es donde mayor cantidad de datos tengo. Conociendo el flujo de combustible y la composición de cada sustancia puedo calcular cada sustancia que entran con ese flujo a partir de la siguiente ecuación:

$$1- n_{(C)F1} = F1 * X_{(C)F1}$$

$$n_{(C)F1} = (597.92 \text{ Kg/h} * 0.84) / 12 \text{ Kg/Kmol}$$

$$n_{(C)F1} = 41.85 \text{ Kmole}$$

$$2- n_{(H2)F1} = F1 * X_{(H2)F1}$$

$$n_{(H2)F1} = (597.92 \text{ Kg/h} * 0.12) / 2 \text{ Kg/Kmol}$$

$$n_{(H2)F1} = 35.88 \text{ Kmole}$$

$$3- n_{(S)F1} = F1 * X_{(S)F1}$$

$$n_{(S)F1} = (597.92 \text{ Kg/h} * 0.02) / 32 \text{ Kg/Kmol}$$

$$n_{(S)F1} = 0.37 \text{ Kmole}$$

$$4- n_{(O2)F1} = F1 * X_{(O2)F1}$$

$$n_{(O2)F1} = (597.92 \text{ Kg/h} * 0.01) / 32 \text{ Kg/Kmol}$$

$$n_{(O2)F1} = 5.98 \text{ Kmole}$$

$$5- n_{(H2O)F1} = F1 * X_{(H2O)F1}$$

$$n_{(H2O)F1} = (597.92 \text{ Kg/h} * 0.01) / 18 \text{ Kg/Kmol}$$

$$n_{(H2O)F1} = 0.33 \text{ Kmole}$$

El O₂ que entra al horno es igual a:

$$6- n_{(O2)ent} = n_{(O2)F1} + n_{(O2)F2}$$

El O₂ y el H₂O entran con F1 y F2, donde F2 es el flujo de aire alimentado a la caldera, tengo el flujo de aire que se alimenta a la caldera, pero lo tengo como un flujo volumétrico, con los datos que conozco voy a la carta psicrométrica busco el volumen húmedo y el valor de y correspondiente a ese aire y lo convierto a másico:

$$7- Kg(AH) = \frac{q(AH)}{VH}$$

$$Kg(AH) = \frac{9000 \text{ m}^3/\text{h}}{0.85 \text{ Kg(AH)}/\text{m}^3}$$

$$Kg(AH) = 10588.24 \text{ Kg(AH)}$$

Después que tengo los Kg. (AH) calculo los Kg.(AS)

$$8- Kg(AS) = \frac{Kg(AH)}{1+y}$$

$$Kg(AS) = \frac{10588.24}{1 + 0.014}$$

$$Kg(AS) = 10442.05Kg(AS)$$

$$9- \quad Kmols(AS) = Kg(AS) * \frac{Kmol(AS)}{29 Kg(AS)}$$

$$Kmol(AS) = 10442.05Kg(AS) * \frac{Kmol(AS)}{29 Kg(AS)}$$

$$Kmol(AS) = 360.10Kmol(AS)$$

$$10- \quad n_{(O_2)F2} = Kmols(AS) * \frac{21(O_2)}{100}$$

$$n_{(O_2)F2} = 360.10 Kmols(AS) * \frac{21(O_2)}{100}$$

$$n_{(O_2)F2} = 75.62Kmol$$

$$n_{(O_2)ent} = 5.98 Kmols + 75.62 Kmols$$

$$n_{(O_2)ent} = 81.60 Kmols$$

$$11- \quad n_{(N_2)F2} = n_{(O_2)ent} * \frac{79(N_2)}{21(O_2)}$$

$$n_{(N_2)F2} = 75.62Kmol(O_2) * \frac{79(N_2)}{21(O_2)}$$

$$n_{(N_2)F2} = 284.48Kmol$$

$$n_{(N)ent} = n_{(N)sale}$$

Para calcular el agua que viene con él se utiliza la siguiente ecuación:

$$12- \quad Kg(H_2O) = y * Kg(AS)$$

$$Kg(H_2O) = 0.014 * 10442.05Kg(AS)$$

$$Kg(H_2O) = 146.19Kg$$

$$Kmol(H_2O) = \frac{146.19Kg}{18Kg/Kmol}$$

$$Kmol(H_2O) = 8.12Kmol$$

$$Kmol(H_2O)ent = Kmols(H_2O)F1 + Kmols(H_2O)F2$$

$$Kmol(H_2O)ent = 0.33Kmol + 8.12Kmol$$

$$Kmol(H_2O)ent = 8.45 Kmols$$

$$13- \quad n_{(C)cons} = n_{(C)ent} * conv$$

$$n_{(C)cons} = 41.85Kmol * 0.95$$

$$n_{(C)cons} = 39.75Kmol$$

$$14- \quad n_{(CO_2)gen} = n_{(C)cons} * rend * RE$$

$$n_{(CO_2)gen} = 39.75 * 0.85 * \frac{1 CO_2}{1 C}$$

$$n_{(CO_2)gen} = 33.79 \text{ Kmol}$$

$$n_{(CO_2)gen} = n_{(CO_2)sale}$$

$$15- n_{(CO)gen} = n_{(C)cons} * (1 - rend) * RE$$

$$n_{(CO)gen} = 39.75 * (1 - 0.85) * 1CO/1C$$

$$n_{(CO)gen} = 5.96 \text{ Kmol}$$

$$n_{(CO)gen} = n_{(CO)sale}$$

$$16- n_{(H_2O)gen} = n_{(H_2)cons} * RE$$

$$n_{(H_2)ent} = n_{(H_2)cons}$$

$$n_{(H_2O)gen} = 35.88 \text{ Kmol} * \frac{1H_2O}{1H_2}$$

$$n_{(H_2O)gen} = 35.88 \text{ Kmol}$$

$$17- n_{(SO_2)} = n_{(S)cons} * RE$$

$$n_{(S)cons} = n_{(S)entra}$$

$$n_{(SO_2)} = 0.37 \text{ Kmol} * \frac{1SO_2}{1S}$$

$$n_{(SO_2)gen} = 0.37 \text{ Kmol}$$

$$n_{(SO_2)gen} = n_{(SO_2)sale}$$

$$18- n_{(O)cons} = n_{(O)reac1} + n_{(O)reac2} + n_{(O)reac3} + n_{(O)reac4}$$

$$n_{(O)reac1} = n_{(C)cons} * rend * RE$$

$$n_{(O)reac1} = 39.75 \text{ Kmol} * 0.85 * \frac{1 O_2}{1 C}$$

$$n_{(O)reac1} = 33.79 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O)reac2} = n_{(C)cons} * (1 - rend) * RE$$

$$n_{(O)reac2} = 39.75 \text{ Kmol} * (1 - 0.85) * \frac{1/2 O_2}{1 C}$$

$$n_{(O)react 2} = 2.98 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O)react 3} = n_{(S)cons} * RE$$

$$n_{(O)react 3} = 0.31 \text{ Kmol} * \frac{1 O}{1 S}$$

$$n_{(O)react 3} = 0.31 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O)react 4} = n_{(H2)cons} * RE$$

$$n_{(O)react 4} = 35.88 \text{ Kmol} * \frac{1/2 O}{1 H2}$$

$$n_{(O)react 4} = 17.94 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O)cons} = 33.79 \text{ Kmol} + 2.98 \text{ Kmol} + 0.31 \text{ Kmol} + 17.94 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O)cons} = 55.02 \text{ Kmol}$$

$$19- n_{(C)sale} = n_{(C)ent} - n_{(C)cons}$$

$$n_{(C)sale} = 41.85 \text{ Kmol} - 39.75 \text{ Kmol}$$

$$n_{(C)sale} = 2.1 \text{ Kmol}$$

$$20- n_{(H2O)sale} = n_{(H2O)ent} + n_{(H2O)gen}$$

$$n_{(H2O)sale} = 8.45 \text{ Kmol} + 35.88 \text{ Kmol}$$

$$n_{(H2O)sale} = 44.33 \text{ Kmol}$$

$$21- n_{(O2)sale} = n_{(O2)ent} - n_{(O2)cons}$$

$$n_{(O2)sale} = 81.60 \text{ Kmol} - 55.02 \text{ Kmol}$$

$$n_{(O2)sale} = 26.58 \text{ Kmol}$$

Calculo del flujo de gases a la salida de la caldera

$$22-F3 = n_{(CO2)F3} + n_{(CO)F3} + n_{(C)F3} + n_{(O2)F3} + n_{(N)F3} + n_{(H2O)F3} + n_{(SO2)F3}$$

$$F3 = 33.79 \text{ Kmol} + 5.96 \text{ Kmol} + 2.1 \text{ Kmol} + 26.68 \text{ Kmol} + 284.48 \text{ Kmol} \\ + 0.37 \text{ Kmol} + 44.33 \text{ Kmol}$$

$$F3 = 397.61 \text{ Kmol}$$

Para calcular la composición de los gases a la salida se utiliza la siguiente ecuación:

$$X(x) = \frac{n_{(x)F3}}{F3}$$

$$X(O2) = \frac{26.58 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.066$$

$$X(H2O) = \frac{44.33 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.11$$

$$X(C) = \frac{2.1 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.005$$

$$X(SO2) = \frac{0.37 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.0009$$

$$X(CO2) = \frac{33.79 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.08$$

$$X(CO) = \frac{5.96 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.015$$

$$X(N) = \frac{284.48 \text{ Kmol}}{397.61 \text{ Kmol}} = 0.715$$

Balace de energía en la caldera

La eficiencia en la caldera se puede calcular por dos métodos, el directo y el indirecto.

A partir del directo se calcula de la siguiente forma:

$$1- \eta_b = \frac{Q_{util}}{Q_{disponible}}$$

$$1.2- \eta_b = \frac{mv(H_f - H_i)}{\beta * VC}$$

Donde mv es masa de vapor generado por la caldera, β es flujo de combustible alimentado, VD es valor calórico del combustible y Hf, Hi son entalpía del agua a la salida y entrada de la caldera

Como conozco los datos suficiente puedo despejar la ecuación 1.2 y calcular el flujo de vapor producido por la caldera.

$$1.3 \quad mv = \frac{n_b \cdot \beta \cdot VC}{(H_f - H_i)}$$

$$mv = \frac{0.72 * 597.92 \text{ Kg} * 11000 \text{ Kcal/Kg}}{(659.4 \text{ Kcal/Kg} - 25.03 \text{ Kcal/Kg})}$$

$$mv = 7464.93 \text{ Kg}$$

Para calcular el calor absorbido se utiliza la siguiente expresión:

$$2-Q_{abs} = mv * (H_f - H_i)$$

$$Q_{abs} = 7464.93 \text{ Kg} * (659.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} - 25.03 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}})$$

$$Q_{abs} = 4735527.64 \text{ Kcal}$$

Las pérdidas que existen son de un 10% lo que me permite calcular el calor cedido:

$$3-\%perd = \frac{Q_{perd}}{Q_{ced}}$$

$Q_{perd} \rightarrow$ Calor perdido

$\%perd \rightarrow$ porcentaje de perdida

Despejando la ecuación tres nos queda que:

$$3.1-Q_{perd} = 0.1 Q_{ced}$$

$$4-Q_{ced} = Q_{abs} + Q_{perd}$$

Sustituyendo 3.1 en 4:

$$Q_{ced} - Q_{abs} + 0.1 Q_{ced}$$

$$Q_{abs} = Q_{ced} - 0.1 Q_{ced}$$

Luego:

$$Q_{abs} = 0.9 Q_{ced}$$

$$Q_{ced} = \frac{Q_{abs}}{0.9}$$

$$Q_{ced} = \frac{4735527.64 \text{ Kcal}}{0.9}$$

$$Q_{ced} = -5261697.38 \text{ Kcal}$$

Balance de masa en el proceso

-Se realiza un balance sin reacción química donde todo lo que entra va ser igual a lo que sale:

$$1-B + V = D + M$$

Despejando la ecuación:

$$1-M = B + V - D$$

$$M = 33237.54 \text{ Kg} + 4000 \text{ Kg} - 16875 \text{ Kg}$$

$$M = 20362.54 \text{ Kg}$$

El destilado esta compuesto por un 94% de etanol y un 6% de agua de ahí que se puede calcular que cantidad de alcohol esta saliendo del proceso

$$n_{(etanol)} = F_{Dest} * X_{(etanol)F Dest}$$

$$n_{(etanol)} = 16875 \text{ Kg} * 0.94$$

$$n_{(etanol)} = \frac{15862.5 \text{ Kg}}{52 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$n_{(etanol)} = 305.05 \text{ Kmol}$$

$$n_{(H2O)} = F_{Dest} * X_{(H2O)F Dest}$$

$$n_{(H2O)} = 16875 \text{ Kg} * 0.02$$

$$n_{(H2O)} = \frac{337.5 \text{ Kg}}{18 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$n_{(H2O)} = 18.75 \text{ Kmol}$$

El cálculo de balance de masa y energía se ha desarrollado teniendo en cuenta los datos aportados para la explotación de la caldera de la destilería propia instalación hotelera, el análisis realizado demuestra que se produce un 23,31 % de pérdida de energía por funcionamiento, de la cual se reconoce como pérdidas existentes un 13,31 % ya que esta caldera trabaja a un 85 % de eficiencia o lo que es lo mismo un 15 % de pérdidas (este

dato fue tomado de la ficha técnica de la caldera) , por lo que sería de utilidad proponer una alternativa de solución que permita eliminar las causas que la provocan , constituyendo finalmente un ahorro para la propia instalación , pues esta pérdida presupone un gasto mayor de combustible (fuel oil), que finalmente deberá ser erogado de los ingresos que percibe la entidad.

Una vez obtenido el balance de materiales y energía en las calderas, y haber contabilizado las entradas y salidas de la instalación se puede definir dónde se generan dichas pérdidas.

Dentro de las causas esenciales que provoca este incremento en la pérdida, se encuentra el consumo excesivo de energía en las calderas. Entre otros problemas está el inadecuado tratamiento de los residuales sólidos que pueden ser reciclables, el ineficiente tratamiento de los residuales líquidos en las trampas de grasas y el uso de productos químicos en el cuidado de las áreas verdes contra los vectores.

Dentro de las causas esenciales que pueden provocar este incremento en la pérdida, se encuentra el consumo excesivo de energía en las calderas, las pérdidas de energía eléctrica en las bombas de agua de los sistemas de enfriamiento y calentamiento.

Otros problemas a reflejar son el inadecuado tratamiento de los residuales sólidos que pueden ser reciclables, el ineficiente tratamiento de los residuales líquidos en las trampas de grasas y el uso de productos químicos en el cuidado de las áreas verdes contra los vectores.

3.4.1 Cambio en la tecnología.

Deberá valorarse la posibilidad del cambio de las bombas ya que por el estudio realizado se comprueba que están sobre diseñadas y están funcionando a una baja eficiencia respecto a lo que reporta la ficha técnica. La utilización de una bomba de menor carga repercutirá en un ahorro energético y económico.

3.5 Fase IV “Estudio de Factibilidad”

3.5.1 Evaluación preliminar.

Todas las opciones de Producción Más Limpia seleccionadas para su posterior aplicación revisten gran importancia para disminuir las afectaciones ambientales al entorno y al personal que labora en la instalación.

3.5.2 Evaluación técnica.

Estas opciones de Producción Más Limpia seleccionadas tendrán en su periodo de implantación o puesta en marcha una capacitación del personal.

3.5.3 Evaluación económica.

En la fase V se hace una valoración detallada de la incidencia económica positiva que reviste la implantación de las opciones de Producción Más Limpia propuesta, teniendo los mayores aportes la referida a la disminución del consumo de energía,

(por aumento de la eficiencia en el funcionamiento de la caldera y de las bombas de los sistemas de enfriamiento y calentamiento) y por la implantación del reciclaje de residuos sólidos aprovechables. Como se demuestra en el epígrafe 3.6.

3.5.4 Evaluación ambiental.

Dado el grado de significación que poseen los problemas ambientales mencionados anteriormente y de las opciones de Producción Más Limpia explicadas, analizadas y propuestas para la implantación; el nivel de reducción de emisiones, residuos, consumo energéticos será muy positivo e importante ya que en algunos problemas ambientales se podrá reducir parcial tototalmnte por lo analizado con todo el personal del equipo de Producción Más Limpia y con algunos especialista de estos temas.

3.6 Fase V “Implantación”

Aunque en la presente investigación no se incluyó la fase de implementación, sí se hace una valoración de los aspectos a tener en cuenta que constituyen recomendaciones para su implantación futura en correspondencia a los problemas identificados y estudiados en el presente capítulo.

3.6.1 Elevado consumo de energía eléctrica.

El ahorro de energía eléctrica en el país, ha sido en los últimos años la principal estrategia llevada a cabo por la dirección del país por la importancia que se le ha atribuido debido a la escasez de combustible (petróleo).

En la destilería”Jesús Rabí” se ha detectado problemas debido al consumo desmedido

de energía eléctrica, lo cual repercute en la economía de la planta que se ha tratado medidas y mecanismos para contribuir al ahorro de la electricidad.

Con la aplicación de una metodología de Producción Más Limpia se ha podido detectar problemas en el sistema de bombeo de las bombas de batición demostrando los cálculos de ingeniería a continuación.

La bomba que se encuentra ubicada en la línea de batición no es la correcta.

Recomendación:

Realizar los cálculos necesarios para demostrar que la bomba que se utiliza en la línea de batición no es la correcta.

Cálculos necesarios:

Para la realización de esta alternativa se determinó la carga de la bomba que bombea la batición desde el tanque de batición hasta la tina para la cual se realizó un balance de energía mecánica a partir de la siguiente ecuación:

$$1 - Z_1 + \frac{\alpha_1 + v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + H_b = Z_2 + \frac{\alpha_2 + v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_f$$

Luego se conoce que las presiones son iguales ya que tanto el tanque de batición como la tina se encuentran abiertos a presión atmosférica y se puede simplificar $\frac{P_1}{\rho g}$ con $\frac{P_2}{\rho g}$.

La velocidad en el punto 1 es cero por lo que $\frac{\alpha_1 + v_1^2}{2g}$ también se iguala a cero. El punto de referencia es el punto uno de ahí que Z_1 es igual a cero. Después de haber hecho las mediciones de altura se conoce que Z_2 es igual a 18,9 m. La velocidad en el punto dos se puede calcular a partir del flujo y el área ($v_2 = q/A$), conociendo que el área se calcula a partir de $A = \pi r^2$ y el diámetro se conoce.

Se prosigue a calcular el Reynold ($Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$) como el Reynold da mayor que 4000 se considera turbulento y α_2 es igual a uno (ver cálculos a continuación).

Se calculan las pérdidas por fricción a partir de la siguiente ecuación $h_f = \sum_{tub} h_f + \sum_{acc} h_f$.

Para calcular las pérdidas en las tuberías se tuvo en cuenta que en el mismo sistema hay tubería de cobre y de acero galvanizado, y para ello se emplea la ecuación ($h_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$). El factor f se calcula a partir del Re y ϵ (que depende de la rugosidad del material y es igual a ϵ/d) en la figura 3.9 de la página 89 del libro de texto (Rosabal, J.M., 1985).

Las pérdidas en los accesorios se calculan por $h_f = \sum K_l \cdot \frac{v^2}{2g}$. K_l se busca en la tabla 3.1 de la página 102 de apéndice del libro de texto (Rosabal, J.M., 1985). Después de calcular y simplificar los valores de la ecuación del balance de energía mecánica se despeja la ecuación y llegamos a la siguiente expresión

$$H_b = Z_2 + h_f - \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g}$$

Procedimiento de cálculo:

Datos

Densidad (Kg./m ³)	1025,85
Viscosidad (Pa*s)	0,00016902
Flujo (m ³ /h)	0,00888889
Diámetro (m)	0,1023
Presion1 (Pa)	101325
Presion2 (Pa)	101325
Altura (Z1) m	0
Altura (Z2) m	18,9
∏	3,14
e(tubo cobre)	0,00006
e/d	0,00058651
f1	0,018
L1(m)tubo cobre	29,5
e(tubo acero galvanico)	0,000125
e/d	0,0012219
f2	0,02
L2 (m) Tub ac. galvanico)	14,4
L3 (m) Tub ac. galvanico)	32,4
Ki(Codos 90 de gran radio)	0,6
Ki(válvula de globo)	6
Ki(Codos 45 de gran radio)	0,2
Ki(válvula de compuerta abierta)	0,17

1-Ecuación del balance

$$Z1 + \frac{\alpha 1 + v1^2}{2g} + \frac{P1}{\rho g} + Hb = Z2 + \frac{\alpha 2 + v2^2}{2g} + \frac{P2}{\rho g} + hf$$

$$v2 = \frac{q}{A}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 * (0,05115)^2$$

$$A = 0,161 \text{m}^2$$

$$v2 = \frac{0,0089}{0,161}$$

$$v2 = 1,08 \text{m/s}$$

$$Re = \frac{v2 * \rho * d}{\mu}$$

$$Re = 726899,727$$

Calculo de las perdidas por fricción en tubería

Antes de la bomba (tub)

$$hf(\text{tub}) = f * \frac{l}{d} * \frac{v2^2}{2g}$$

Para la tubería de cobre

$$h_f = 0,018 \cdot \frac{29,5}{0,1023} \cdot \frac{1,08^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,31m$$

Para la tubería de acero galvanizado

$$h_f = 0,02 \cdot \frac{46,8}{0,1023} \cdot \frac{1,08^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,55m$$

$$\sum_{tub} h_f = 0,55m + 0,31m$$

$$\sum_{tub} h_f = 0,86m$$

Cálculo de las pérdidas por fricción en accesorio

$$h_f = \sum Kt \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Antes de la bomba

$$h_f = 5 \cdot (0,6) + 6 \cdot \left(\frac{1,08^2}{2 \cdot 9,8} \right)$$

$$h_f = 0,54m$$

Después de la bomba

$$h_f = 5 \cdot (0,6) + 4 \cdot (0,2) + 6 + 0,17 \cdot \left(\frac{1,08^2}{2 \cdot 9,8} \right)$$

$$h_f = 0,596m$$

$$\sum_{acc} h_f = 1,136m$$

$$h_f = 1,136m + 0,86m$$

$$h_f = 1,996m$$

$$Hb = Z_2 + h_f - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$$

$$Hb = 18,9m + 1,996m - 0,0553$$

$$Hb = 20,8m$$

Características de la bomba de batición

- Modelo KWPK: 65-135
- RPM: 1750
- $q = 0,0097m^3/s$
- $H_b = 35m$

Para comprobar si la bomba del sistema cavita y si es la correcta, se calcula la presión de entrada de la bomba para calcular el NPSH de la misma, ya que el flujo y la carga ya fueron calculados. Se realiza un balance desde el punto uno hasta el punto tres a partir de la ecuación del balance de energía mecánica

$$Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Hb = Z_3 + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g} + h_f$$

Como del punto uno al tres no hay bomba la carga es igual a cero, el punto de referencia es Z1, la velocidad en uno es igual a cero ya que el punto esta sobre el nivel del tanque por lo que se pudo llegar a la siguiente ecuación

$$\frac{P_1}{\rho g} = Z_3 + \frac{\alpha_3 * v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g} + hf$$

Despejando P₃

$$P_3 = \left(\frac{P_1}{\rho g} - Z_3 - \frac{\alpha_3 * v_3^2}{2g} - hf \right) \rho g$$

Sustituyendo

$$P_3 = \left(\frac{101325}{1025,85 * 9,8} - 5 - \frac{1 * 1,17^2}{2 * 9,8} - 0,77 \right) 1025,85 * 9,8$$

$$P_3 = 42721,8106 \text{ PA}$$

La presión de vapor es:

$$P_v = 328900,293 \text{ Pa}$$

$$NPSH_{sist} = \frac{P_e - P_v}{\rho g}$$

$$NPSH_{sist} = \frac{427221,8106 - 328900,243}{1025,85 * 9,8}$$

$$NPSH_{sist} = 9,78$$

$$NPSH_{sist} > NPSH_{bom}$$

9,78 > 3,21 (La bomba no cavita)

Criterios de selección

$$Hb_{bom} > Hb_{sist}$$

$$Q_{bom} > Q_{sist}$$

$$NPSH_{sist} > NPSH_{bom}$$

Aunque la bomba que se utiliza cumple con los tres criterios de selección, en el cálculo de la carga de la misma se demuestra que hay una sobrecarga.

Análisis Económico:

Características de la bomba de batición actual.

- Modelo KWPK: 65-135
- RPM: 1750
- Capacidad: 9,7 L/s
- Head: 35m
- Consumo de electricidad: 36 Kw. /campana

Características de la bomba de batición que puede ser usada.

- Modelo KWPK: 65-132
- RPM: 1730
- Capacidad: 9,7 L/s

- Head: 23m
- Consumo de electricidad: 26 Kw. /campaña

Ahorro de electricidad

Bomba actual: $36 \text{ Kw.} * 0.10 * 1000 = \$ 3600$

Bomba a sustituir: $26 \text{ Kw.} * 0.10 * 1000 = \$ 2600$

La bomba que se esta utilizando en estos momentos para bombear batición es una bomba que se puede sustituir por una bomba del tipo **KWPK: 65-132**, ya que va a ser una bomba menos consumidora de electricidad, de menos costo de adquisición y se va ahorrar \$1000 por campaña.

3.6.2 pérdidas de vapor en las tuberías conductoras de vapor

Recomendación

Se recomienda poner aislamiento en estas tuberías.

Cálculos necesarios

Tuberías sin aislar detectadas en la línea aséptica:

De 1/2": 8.50 m

Temperatura media de las superficies de las tuberías: 90° C

Temperatura en el local: 27 ° C

Expresión para determinar pérdidas de calor por convección:

$$1- Q = qk * L$$

Expresión para determinar pérdidas de calor por radiación:

$$2- Q = qs * E * L$$

Sumando ecuación 1 con ecuación 2 obtenemos:

$$3- Q = (qk * L) + (qs * E * L)$$

Donde:

Q = flujo de calor (w/h)

L =longitud de la tubería (m)

Qk = Coeficiente de convección (w/m)

qs = Coeficiente de radiación (w/m)

Los coeficientes qk y qs se obtienen por el gráfico de pérdidas de calor en tuberías no insuladas

E = emisividad del material (adimensional)

Este coeficiente es igual a 0.65 para hierro oxidado y se obtiene según (Kern, 1999)

Diámetro de tubería	qk(w/m)	L(m)	E	qs(w/m)	Q(w/m)	Q(Kw.)
½"	27	8.5	0.65	18	1596.94	1.59694

Calor perdido total = 1.59694 Kw/h

Pérdidas de calor en una campaña de 160 días

=1.59694 Kw/h*24 h*160 días = 6132.25 kW /campaña

Según datos de proveedores de aislantes las pérdidas se pueden reducir alrededor de un 80% con la aplicación del aislante.

Ahorro de calor en una campaña =6132.25 Kwh. /campaña * 0.8

=4905.79 Kwh. /campaña

Determinación del fuel oil que se ahorra:

η : Eficiencia calderas = 72%

V: valor calórico del fuel oil = 11000 Kcal. /Kg.

Q: Calor ahorrado = 4905.79 Kwh. /campaña

= 4218243.5315kcal/campaña

B: Combustible ahorrado

$$B = \frac{Q}{\eta * V}$$

$$B = \frac{4218243.5315kcal / campaña}{0.72 * 11000kcal / kg}$$

$$B = 532.61kg / campaña = 0.53261t / campaña$$

Análisis económico

Costo de una tonelada de fuel oil =200.00 \$/t según el departamento de economía de la empresa.

Ahorro económico =0.53261 t/campaña * 200.00 \$/t

= 106.522 \$/campaña

Costo para poner la alternativa en marcha

En todas las tuberías se empleará el mismo tipo de aislante. (Asbesto de 6" calidad).

Costo de adquisición del aislante para tuberías de ½" con un valor de 12.09 \$/m

Costo total de la inversión = 12.09 \$/m * 8.50 m

Costo total de la inversión = \$ 102.765

Impacto ambiental

A partir de que se ahorra energía significa que se va a ahorrar combustible ya que se va a quemar menos combustible para la obtención de vapor para el proceso, esto trae consigo que las emisiones de CO₂, CO y SO₂ disminuyan considerablemente y estos gases son pertenecientes al grupo de gases que provocan el efecto invernadero.

Reducción de emisiones de CO₂ = 0.5326*0.08= 0.0426 t/campaña

Reducción de emisiones de CO = 0.5326*0.015=0.0079 t/campaña

Reducción de emisiones de SO₂ = 0.5326*0.0009=0.00048 t/campaña

3.6.3 Cálculo del dióxido de carbono emitido por los fermentadores

Según los datos recogidos a través de los años de producción y pruebas realizadas en la planta se produce 0.7650 Kg. de dióxido e carbono por metros cúbicos de fermentador.

Altura del fermentador (h): 7 m

Diámetro del fermentador: (d) 4.5m

Debido a que los fermentadores presentan forma cilíndrica se calcula el volumen de los mismos por la ecuación siguiente.

$$V = 3.14 * h * d$$

$$V = 3.14 * 7 * 4.5$$

$$V = 98.91 \text{ m}^3$$

De lo siguiente se obtiene que por cada fermentador e expulsa al medio ambiente 75.6662 Kg. de dióxido de carbono.

Tiempo	Kg. De CO ₂ expulsados.
Un turno (ocho horas)	151,3323
Un día	453,9969
Un mes	13619,97
En la campaña	108959,256

Tabla 3.6 Emisión de CO₂

En la siguiente tabla queda expresado la cantidad de de dióxido de carbono que se emite al medio ambiente siendo una cantidad considerable, 109 toneladas aproximadamente.

Análisis Ambiental

Esto refleja que la parte mas contaminante de la planta se encuentra en los fermentadores ya que emite al medio de forma continua toneladas de ese gas que causa tantos problemas al medio ambiente por lo que se debe continuar o poner en marcha el proyecto de los compresores que se encargarían de recoger el CO₂.

Conclusiones

- 1- Con el desarrollo del proyecto se aplicó una metodología de producción mas limpia que permitió identificar los principales problemas ambientales que presenta la destilería "Jesús Rabí".
- 2- Se propuso soluciones con alternativas de producción más limpia a los problemas detectados
- 3- Se logró que el personal que labora en la planta adquiriera una cultura medioambiental
- 4- Se puso en práctica los conocimientos adquiridos como estudiante, así como las asignaturas ingeniería de procesos, principios de ingeniería química y operaciones unitarias.

Recomendaciones

- 1- Aplicar las opciones de producción mas limpia en la planta con el fin de que sea una planta más limpia, segura y económica.
- 2- Revisar y aplicar el diseño realizado de la batería de compresores con el objetivo de ponerse en práctica.
- 3- Que la dirección de la planta así como los trabajadores asistan a seminarios y conferencias de producción mas limpia para que amplíen su cultura medioambiental.

Bibliografía

- 1- Que la dirección de la planta así como los trabajadores asistan a seminarios y conferencias de producción mas limpia para que amplíen su cultura medioambiental.
- 2- BAYÓN, P. El medio ambiente, el desarrollo sostenible y la educación. En revista Educación. No.105. La Habana, enero-abril. 2002
- 3- Cabera, J.A. (2002). El ABC del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible. Apuntes para el curso de Evaluación Ambiental integrada a Indicadores de sostenibilidad. Programa de Doctorado de Gestión Ambiental y Desarrollo
- 4- CAMACHO, A y ARISOSA, L. Diccionarios de términos ambientales, La Habana, 2000
- 5- CASTRO, F. Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. En Granma. Suplemento Especial, Río de Janeiro, 14 de junio de 1992
CITMA (2005). Estrategia Ambiental Nacional 2005-2010. Editorial Academia. La Habana.

- 6- Centro de Producción Más Limpia Nicaragua (2004). Manual de eficiencia energética.
- 7- COLECTIVO DE AUTORES. Guía de Educación Ambiental sobre Desarrollo Sustentable, México, Universidad de Guadalajara, 1994 **DAOM**: diagnóstico ambiental de oportunidades de minimización. **Primera edición** mayo de 2000(CD) España, disponible EN Biblioteca de Cataluña.
- 8- Disponible en el *World Wide Web*: [on line] :< <http://www.avicultura.com> >
- 9- Disponible en el *World Wide Web*: [on line]: < <http://www.w3.org>
- 10- Espinosa, G. (2001). Fundamento de evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile: Banco Interamericano de Desarrollo –BID-. Centro de Estudio para el Desarrollo –CED-.
- 11- Folleto Temas sobre la actividad energética en la industria alimenticia (2000). La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
- 12- García, J.M. (1999). La Evaluación Ambiental y el Desarrollo Sostenible. Cuba Verde. En busca de un modelo para la sostenibilidad en el siglo XXI. Cuba: José Martí.
- 13- Junco, J.Z. (2007). Asignatura metodología para el monitoreo y control de la contaminación ambiental del Programa Académico de la Maestría de Contaminación Ambiental del Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de Matanzas.
- 14- Keenan, Joseph H (1978). Steam tables, Thermodynamic properties of water, including vapor, liquid, and solid phases. Editorial SI Units
- 15- Kern, Donald Q. (1999). Procesos de Transferencia de Calor. Editorial Continental S.A. México.
- 16- K.F.Pavlov.Problemas y Ejemplos para el Curso de Operaciones Básicas y Aparatos en Tecnología Química. Editorial Mir. Moscú
- 17- Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales y la verificación del cumplimiento de los indicadores establecidos en la resolución CITMA 135/2004 revalidada en enero del 2006, para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN).
- 18- ONUDI (2006). Informe de la asesoría completa en planta de Producción Más Limpia. La Habana. Ediciones ONUDI.

- 19- Oviedo, M.T. (2003). Propuesta para un modelo de Elaboración Ambiental como parte de los SGA de las instalaciones turísticas. Matanzas. h 16-23, 50, 56, 60-61. Tesis (en opción al título de Master en Contaminación Ambiental. Universidad de Matanzas. Cuba.
- 20- Perry, R. H and Green, D (1984). Chemical Engineers Handbook. Part one. Sixth Edition. M^cGraw - Hill Company
- 21- Producción Más Limpia. Disponible en: T.P //www.anam. gob. pa/ Calidadambiental /producción _mas_limpia.htm.
- 22- Rigola, M. (1998). Producción Más Limpia. España. Rubes Editorial, S.I. ISBN 84-497- 0072-8.
- 23- Rodríguez, M; Ricart, J. (1998). Coordinación de los sistemas de Gestión de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad Laboral. Deusto Business Review.
- 24- Rodríguez, R.J; Pernas, A.A. (1999). Auditorias y Sistemas de Gestión Ambiental en la empresa. Editorial UNED. Barcelona. España.

- 25- Rosabal Vega, J.M “Hidrodinámica y separaciones mecánicas”. Editorial Pueblo y Educación, 1988. Ciudad de la Habana.
- 26- Sage, Jan (1999). Ecogranancias, Producción Más Limpia y reducción de desperdicios. 2da edición Volumen 1.
- 27- Serrano Méndez, Juana. (2006). Protección Ambiental y Producción Más Limpia. Curso de Universidad para todos. Editorial Academia.
- 28- Turton, R. (1998). Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Prentice. Hall PTR
- 29- Wagner, Travis (1996). Contaminación, Causas y Efectos. Ediciones Gernika. México.

Anexo 2

Diagrama para el calculo del NPSH de la bomba

