



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Aplicación de la Metodología de Producción más Limpia  
en una empresa de producción de resina poliéster”

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Presentada por:

**LOURDES DEL ROCÍO BENÍTEZ ESPINOZA**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**AÑO: 2006**

# AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mario Patiño Aroca y  
al Ing. Tyron Franco, por su  
invalorable ayuda en la  
realización de esta tesis.

# DEDICATORIA



BIBLIOTECA "GONZÁLEZ DEVALLOS"  
F. L. M. C. P.

A Dios por todas sus  
bendiciones,  
a mi esposo Carlos por  
su amor incondicional y  
a mis amados padres  
Martha y Manolo.

# TRIBUNAL DE GRADUACION



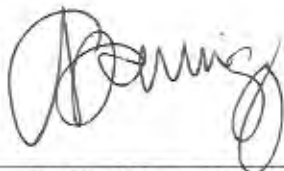
---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP



---

Ing. Mario Patiño A.  
DIRECTOR DE TESIS



---

PhD. Alfredo Barriga R.  
DIRECTOR DEL PROGRAMA  
PmL



---

Ing. Jorge Duque  
EVALUADOR

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



---

Lourdes Benítez Espinoza

## RESUMEN

El trabajo realizado en esta tesis es una aplicación de la metodología de Producción más Limpia en una empresa que fabricación de resina poliéster.

En el primer capítulo de esta tesis se realiza una introducción al concepto de Producción más Limpia, que se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente, para lo cual se utilizan técnicas y tecnologías de producción que disminuyan la contaminación desde la fuente.

En el segundo capítulo se plantea la aplicación de la metodología de Producción más Limpia. Como primera etapa de esta metodología se describen las actividades a realizar para diagnosticar a la empresa. Se describen los temas y subtemas que forman parte de esta etapa de diagnóstico, como resultado principal de esta etapa se obtiene la identificación de los aspectos ambientales de la empresa, su evaluación para determinar su impacto ambiental y la selección de oportunidades de mejoramiento preliminares.

En el tercer capítulo se describen los procesos donde se identificaron oportunidades de Producción más Limpia y sobre los cuales se realizarán las mediciones para elaborar el Balance de Materiales el cual contempla un análisis cuantitativo de las entradas y salidas del proceso productivo. A partir de las mediciones realizadas, del análisis de problemas y las oportunidades de mejora se elegirán los casos de estudio a ser implementados.

En el capítulo cuatro se realiza la descripción detallada de la situación anterior a la implantación de cada caso de estudio seleccionado, además se describen todas las operaciones y medidas, así como el proceso de implementación de la oportunidad de mejoramiento, indicando cuantitativamente todos los parámetros que la caracterizan, desde el punto de vista de los aspectos económicos, ambientales y tecnológicos.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ÍNDICE GENERAL .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y A LA PRODUCCIÓN DE RESINAS .....	3
1.1. Producción más Limpia (PmL) .....	3
1.1.1. Antecedentes.....	3
1.1.2. Significado de Producción más Limpia .....	4
1.1.3. Objetivo y beneficios de Producción más Limpia .....	7
1.1.4. Metodología de Producción más Limpia .....	9
1.2. Producción de resina poliéster.....	11
1.2.1. Descripción general de la producción de resina poliéster .....	12
1.2.2. Clasificación de las resinas poliéster .....	13

### CAPITULO 2

2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	15
2.1. Información de la empresa.....	15



2.2. Información sobre el pasivo ambiental .....	16
2.3. Organigrama de la empresa .....	17
2.3. Información sobre el proceso de la empresa.....	18
2.4. Lay- Out de la empresa.....	20
2.5. Análisis de las entradas de los procesos .....	21
2.6. Información sobre el consumo de agua .....	22
2.7. Consumo de energía .....	23
2.8. Análisis de las salidas del proceso.....	24
2.9. Evaluación de los datos .....	27
2.10. Resumen de la evaluación de los datos.....	27

### CAPITULO 3

3. MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	29
3.1. Balance de materiales.....	29
3.2. Recopilación de datos.....	32
3.3. Evaluación de los datos .....	35
3.4. Identificación de los principales indicadores.....	38
3.5. Fichas de los principales indicadores.....	40
3.6. Identificación de los puntos de monitoreo .....	43
3.7. Plan de monitoreo.....	43
3.8 Selección de los proyectos que serán implantados.....	45
3.9. Resumen de la evaluación de los datos .....	46

## CAPITULO 4

4 DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO .....	49
4.1. Caso de estudio 1: Sistema de enfriamiento .....	49
4.1.1. Descripción de la situación anterior al caso de estudio .....	49
4.1.2. Alternativas de mejoramiento analizadas .....	50
4.1.3. Descripción del caso de estudio .....	50
4.1.4. Análisis de la situación actual y proyectada .....	52
4.1.5. Definición del plan de monitoreo .....	52
4.1.6. Evaluación económica .....	53
4.2. Caso de estudio 2: Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	54
4.2.1. Descripción de la situación anterior al caso de estudio .....	54
4.2.2. Alternativas de mejoramiento analizadas .....	55
4.2.3. Descripción del caso de estudio .....	55
4.2.4. Análisis de la situación actual y proyectada .....	58
4.2.5. Definición del plan de monitoreo .....	59
4.2.6. Evaluación económica .....	60
4.3. Caso de estudio 3: Sistema de carga de las materias primas en el reactor .....	61
4.3.1. Descripción de la situación anterior al caso de estudio .....	61
4.3.2. Alternativas de mejoramiento analizadas .....	61
4.3.3. Descripción del caso de estudio .....	62
4.3.4. Análisis de la situación actual y proyectada .....	62

4.3.5. Definición del plan de monitoreo .....	63
4.3.6. Evaluación económica .....	63

## CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
5.1. Conclusiones .....	65
5.1.1. Conclusiones del caso de estudio 1: Sistema de enfriamiento .....	65
5.1.2. Conclusiones del caso de estudio 2: Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	66
5.1.3. Descripción del caso de estudio 3: Sistema de carga de las <i>materias primas en el reactor</i> .....	67
5.2. Recomendaciones .....	68

ÍNDICE

BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Conformación del eco – equipo .....	18
Tabla 2	Descripción general del proceso de producción de resinas poliéster insaturada .....	19
Tabla 3	Descripción general de las principales materias primas del proceso .....	21
Tabla 4	Consumo de agua .....	22
Tabla 5	Estadísticas del consumo y costos de energía eléctrica .....	23
Tabla 6	Resumen de los criterios para la obtención de las estimaciones .....	24
Tabla 7	Salidas adicionales del proceso productivo .....	26
Tabla 8	Descripción de entradas del proceso .....	30
Tabla 9	Cuantificación estimada de las entradas del proceso .....	31
Tabla 10	Descripción de las salidas del proceso .....	32
Tabla 11	Principales residuos y costos estimados .....	33
Tabla 12	Principales materias primas y costos estimados .....	34
Tabla 13	Principales insumos y materiales y costos estimados .....	35
Tabla 14	Alternativas de minimización .....	37
Tabla 15	Indicadores propuestos .....	39
Tabla 16	mediciones de los indicadores propuestos y expectativas .....	39
Tabla 17	casos de estudio elegidos .....	46
Tabla 18	indicadores y etapas de monitoreo .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Enfoque de la generación de las opciones de PmL .....	10
FIGURA 2.1	Organigrama de la empresa .....	17
FIGURA 2.2	Lay Out .....	20

## INTRODUCCIÓN

La preservación del medio ambiente se ha convertido en uno de los principales factores a considerar para el desarrollo de la humanidad, lo cual puede ser claramente observado en las continuas manifestaciones de las organizaciones mundiales, y de la mayoría de los países desarrollados sobre políticas, proyectos, acuerdos, planes, objetivos, etc, que sobre la conservación del medio ambiente se plantean y se ejecutan.

La preocupación mundial acerca de preservar el medio ambiente y las políticas generalmente aceptadas, son trasladadas a un escenario de control más concreto, como son los países. Estos últimos con sus propias regulaciones controlan el desempeño ambiental de las empresas que son finalmente los entes generadores de la contaminación del medio ambiente.

Sin embargo el control eficaz o no, que se ejerza sobre la generación de la contaminación en los diferentes tipos de industrias, es una acción que se limita en el mejor de los casos a que las empresas cumplan con especificaciones legales previamente establecidas, para lo cual estas, en su mayoría introducen en sus organizaciones sistemas de tratamiento post producción y no trabajan en desarrollar una cultura de prevención, que involucre entre otras cosas: el uso eficiente de los recursos, la disminución

de la generación de residuos, la reducción de riesgos, etc , es decir una estrategia de optimización de los recursos desde el inicio del proceso productivo.

Considerando lo antes mencionado el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, desarrolló una estrategia pro ambiental, la cual han acompañado de una campaña de información y entrenamiento para promover tecnologías limpias o ambientalmente amigables en las industrias. Esta estrategia ambiental es conocida como Producción más Limpia (PmL).

En particular en la presente tesis se realiza, la aplicación de la metodología de Producción Más Limpia, en una empresa de producción de resinas poliéster insaturadas, la aplicación contemplará básicamente tres aspectos la evaluación inicial de la empresa, la medición de las entradas y salidas del proceso productivo, conocido como balance de materiales y la formulación de proyectos de mejora. Con los resultados obtenidos se espera que finalmente la PmL sea implantada en la organización como un programa permanente o continuo de optimización de recursos con beneficios tanto para los propietarios como para el medio ambiente.

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y A LA PRODUCCIÓN DE RESINAS



### 1.1. Producción más Limpia (PmL)

#### 1.1.1. Antecedentes

Desde inicios de la década del 90 se han desarrollado nuevas formas de planificar la producción con el objetivo final de reducir y de ser posible eliminar la concentración de contaminantes en residuos, efluentes y emisiones, o la generación de estos. Estas nuevas formas de planificación han permitido que los objetivos de los industriales y los ambientalistas se logren en conjunto. Sin embargo a pesar de que la aplicación de las alternativas de prevención desarrolladas resulta más provechosa que un post tratamiento, se observa que su acogida en todo el mundo se ha dado lentamente.



La metodología de Producción más limpia fue desarrollada en 1989 por el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) en su Programa de la Producción más Limpia

**1.1.2. Significado de Producción más Limpia**

A continuación se describirán los conceptos de producción más limpia, planteados por diferentes organizaciones, así como términos relacionados a esta tales como: ecoeficiencia, prevención de la contaminación y otros.

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), PmL se trata de la continua aplicación a procesos, productos y servicios de una estrategia integral ambientalmente preventiva que permite simultáneamente incrementar la eficiencia total y reducir riesgos para los humanos y para el ambiente.

La UNEP (United Nations Environment Programme), define a PmL como la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y el medio ambiente.

El concepto de PmL es aplicable tanto a los procesos productivos como al producto y a los servicios de una organización:

- *En Procesos productivos:* conservando materias primas y energía, eliminando materias tóxicas y reduciendo la cantidad de toxicidad de todas las emisiones y residuos desde la fuente
- *En Productos:* reduciendo los impactos negativos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño hasta su disposición final
- *En Servicios :* incorporando cuidados ambientales en el diseño y entrega de servicios

El concepto de Ecoeficiencia fue definido en 1992 por el Consejo Mundial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), como una entrega de bienes y servicios a precios competitivos que permita satisfacer la necesidad de mantener la calidad de vida actual y al mismo tiempo reducir los impactos ecológicos y el consumo de recursos a niveles que sean compatibles con la capacidad de

carga estimada para la tierra durante todo el ciclo de vida del producto.

Las principales diferencias y similitudes entre ecoeficiencia y producción más limpia están relacionadas, a haber sido creadas por entidades con objetivos diferentes y que ambas son estrategias preventivas, respectivamente.

Otro concepto relacionado es el de la prevención de la contaminación que fue introducido en la legislación norteamericana en el "Acta de prevención de la contaminación" en el año 1990. El National Pollution Prevention Roundtable (NPPR) de los EE.UU. define a la Prevención de la Contaminación como la reducción o eliminación de la contaminación desde su punto de origen en vez de al fin del tubo.

Entre otros conceptos que han aparecido que también están relacionados a las estrategias de prevención, están: las tecnologías de cero residuos, productividad ecológica, minimización en la generación de residuos, prevención de emisiones y de residuos, programa de cuidado responsable del medio ambiente (desarrollado por las industrias químicas y petroquímicas), etc. De forma general todos estos conceptos se

basan en el mismo principio: hacer que la reducción de la contaminación forme parte del mismo proceso de producción incluyendo al diseño de producto.

Finalmente la clave para entender el significado de la PmL radica en aceptar que tanto los residuos, efluentes y emisiones se originan en materias primas que han sufrido un proceso de elaboración consumiendo recursos y que tratarlos y disponer genera gastos adicionales, es decir que generar basura no solamente contamina, sino que también cuesta dinero.

### **1.1.3. Objetivo y beneficios de Producción más Limpia**

El objetivo de la producción más limpia es evitar la generación de contaminación, lo que con frecuencia reduce los costos y los riesgos, e identificar continuamente nuevas oportunidades de mejora, lo que conlleva a un fortalecimiento de la empresa productiva y ambientalmente y haciéndola más competitiva.

Son muchos los beneficios que puede obtener una organización si decide aplicar la metodología de PmL, sin embargo el que generalmente le resulta más interesante es que es menos costoso prevenir la contaminación en la fuente, que disminuirla o eliminarla

una vez que se ha producido, lo que le genera un constante aumento económico. De manera general los beneficios de la PmL se pueden agrupar en: económicos, tecnológicos, operacionales y ambientales, a continuación se describen cada uno de ellos.

- **Beneficios Económicos**

- Reducción de costos a través del mejor manejo de los recursos
- Reducción de costos a través de un mejor manejo de desechos.
- Aumento del margen comercial.
- Evita o disminuye la inversión en plantas de tratamientos o medidas de remediación

- **Beneficios Operacionales**

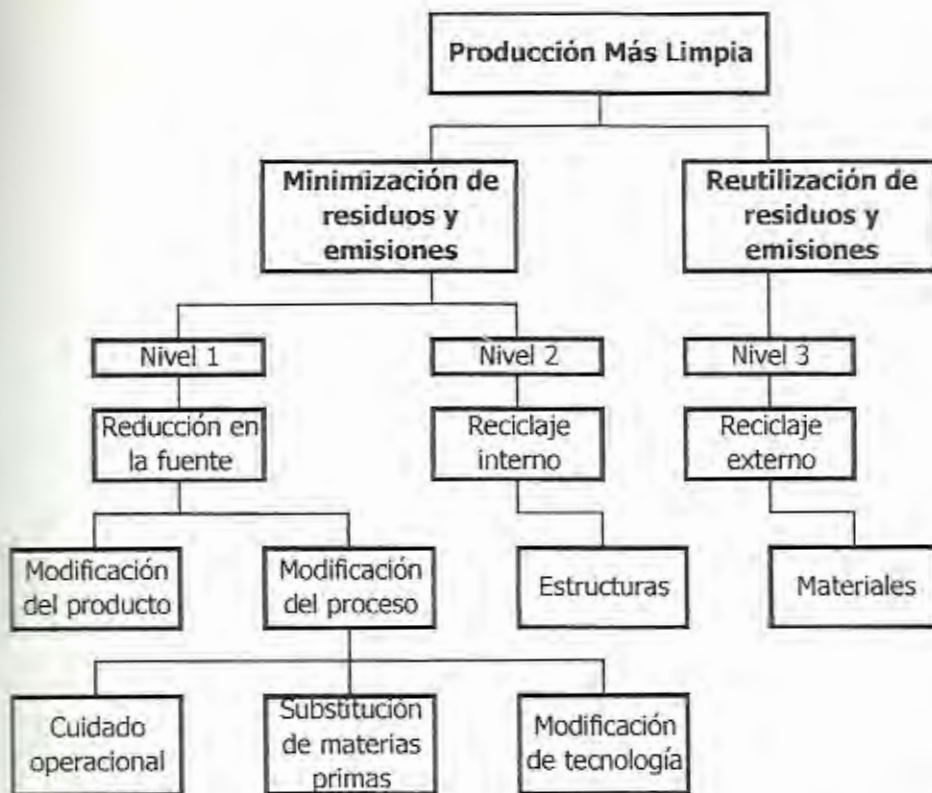
- Mejora condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora condiciones de infraestructura de la planta productiva.
- Reduce costos de traslado y disposición de desechos.
- Genera nuevos conocimientos al interior de la empresa.
- Aumenta eficiencia de los procesos.

- Genera efectos positivos en el personal.
- Beneficios Ambientales
  - Minimización de residuos, emisiones y efluentes.
  - Mejor eficacia en la adecuación ambiental de la organización

#### 1.1.4. Metodología de Producción más Limpia

Para la aplicación de la metodología de PmL existen tres niveles trabajo: la reducción en la fuente, el reciclaje interno y el reciclaje externo, en la figura 1.1 se puede observar que los dos primeros niveles responden a una estrategia de minimización de residuos, efluentes y emisiones, mientras que el nivel tres está relacionado a la reutilización de estos.

En el nivel uno (reducción en la fuente), se pueden plantear dos alternativas la modificación del producto o la modificación del proceso, en esta última a su vez se puede trabajar en cambios operacionales, sustitución de materias primas e incluso la modificación de la tecnología.



**FIGURA 1.1 ENFOQUE DE LA GENERACIÓN DE LAS OPCIONES DE PML**

Los pasos o actividades que se deben realizar para aplicar la metodología de PmL se agrupan en tres fases que se detallan a continuación:

#### Fase I Diagnóstico

- Involucrar y obtener el compromiso de la Gerencia
- Establecer el equipo conductor del proyecto Eco-equipo
- Establecer las metas de PmL
- Identificar barreras y soluciones
- Diagramar el flujo del proceso
- Medir las entradas y salidas

### Fase II Evaluación

- Elaborar el balance de materiales
- Identificar causas de generación de desperdicios
- Generar opciones de PmL
- Seleccionar las opciones de PmL
- Evaluar técnica, económica y ambientalmente
- Seleccionar opciones factibles

### Fase III Planteamiento de proyectos y estudio de factibilidad

- Definir los proyectos de PmL
- Implantar las opciones de PmL
- Supervisar y evaluar el avance
- Mantener las actividades de PmL

## 1.2. Producción de resina poliéster

Las resinas de poliéster constituyen una familia bastante diferenciada y compleja de resinas sintéticas que se obtienen con una gran variedad de materias primas de partida. Las resinas poliéster insaturadas son líquidos más o menos viscosos de color amarillo pajizo que se endurecen con el añadido de catalizadores. Su robusteza, flexibilidad y rigidez pueden ser modificadas con el añadido de aditivos, refuerzos que normalmente pueden ser fibra de vidrio o de carbono.



Entre las resinas de uso mas generalizado están las poliéster y epoxi, esta última tiene condiciones mecánicas extraordinarias, pero su precio es poco conveniente y su manipuleo es extremadamente peligroso para la salud, por estas razones su uso esta restringido a personas con experiencia y en aplicaciones donde se justifique la relación costo/beneficio. Las poliéster en cambio son muy económicas y no confieren riesgos para la salud de quienes las utilizan, por eso se han difundido tan ampliamente.

La resina poliéster es un producto, que gracias a su versatilidad puede permite crear piezas tan frágiles como el cristal y tan resistentes como el acero. Es el resultado de la formulación de diversos derivados del petróleo, generalmente de alto peso molecular sin punto de fusión definido, lo cual brinda una muy amplia gama de usos para casi cualquier tipo de industria.

### **1.2.1. Descripción general de la producción de resina poliéster**

Las resinas poliéster son el producto de la reacción de poliesterificación entre un poliácido y un polialcohol. Tienen dobles enlaces o insaturaciones en su estructura, los cuales le permiten reaccionar con monómeros insaturados, reticulando y

dando como resultado un plástico rígido termofijo. Las resinas están diluidas en estireno para facilitar su manejo.

Para poder ser un producto viable en una gama amplia de aplicaciones, es necesario poder definir el tipo de Resina apropiada para cada aplicación, y para cada sistema de transformación.

### **1.2.2. Clasificación de las resinas poliéster**

Las resinas poliéster, se clasifican según su naturaleza química, en:

- Resinas Ortoftálicas
- Resinas Isoftálicas
- Resinas Isoftálicas NPG
- Resinas Clorédicas
- Resinas Bisfenólicas

La naturaleza química de la resina, es muy importante en el momento de decidir la resina adecuada para algún tipo de aplicación, especialmente cuando existen demandas corrosivas y de temperatura.

Independiente de la naturaleza química, las resinas están igualmente clasificadas por los aditivos o modificaciones que ellas poseen, y que son claves al momento de determinar su aplicación. Las clasificaciones más comunes por este tipo son:

- Resinas tixotrópicas
- Resinas preaceleradas
- Resinas estabilizadas a la luz UV

Finalmente, se puede obtener una última clasificación de las resinas, la cual es fundamental para la selección de la aplicación, y sistema de fabricación:

- Resinas rígidas
- Resinas Semirígidas
- Resinas Flexibles

## Capítulo II

### 2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

#### 2.1. Información de la empresa

El primer paso para la aplicación de la metodología de Producción más Limpia (PmL) es la identificación y descripción general de la empresa con la cual se realizará el trabajo, para este caso la empresa sujeto del desarrollo de esta tesis es PYXIS Industrias, Comercio y Representaciones S.A.

La fecha de inicio de funcionamiento de la planta industrial en la actual dirección es Octubre de 2002. Esta empresa tiene un régimen de funcionamiento de 8 horas diarias para el personal administrativo y para el personal de producción hasta de 16 durante la producción de los lotes de resina. Cuenta con un número de empleados de 12 personas, entre el personal administrativo, de producción, de servicio y seguridad.

Esta empresa se encuentra clasificada en cuanto a su tamaño como pequeña, está afiliada a la Cámara de la Pequeña Industria del Guayas, y el mercado con el que cuenta sus productos es interno.

Al momento de realizar esta tesis la empresa no contaba con ningún proyecto o programa relacionado a las áreas de calidad y medio ambiente.

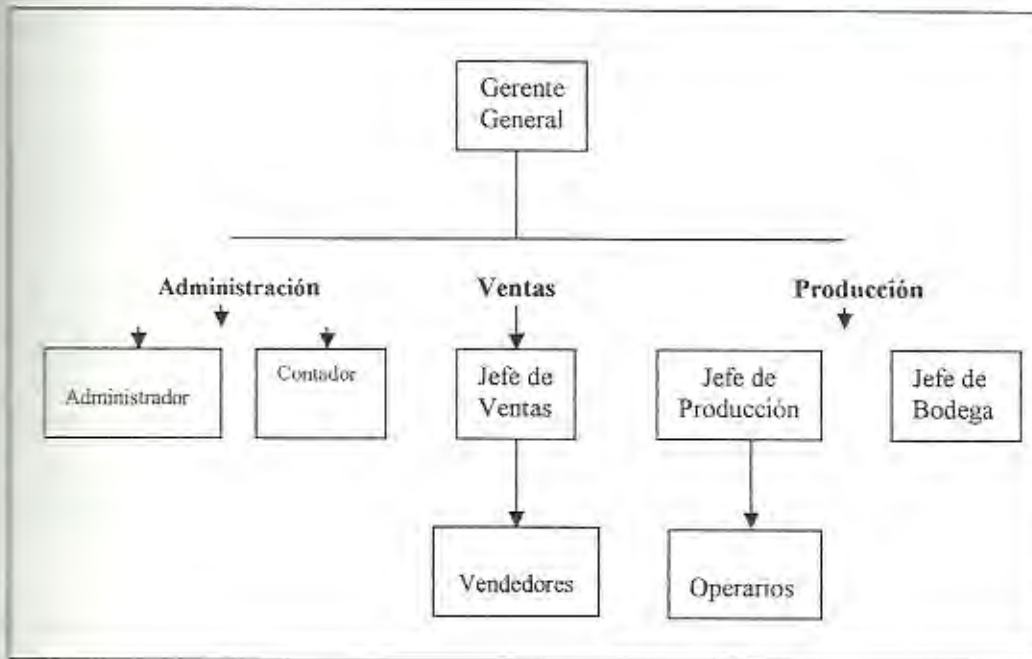
## **2.2. Información sobre el pasivo ambiental**

Las obligaciones de la empresa con el municipio o estado son las siguientes: estar registrada en el municipio, poseer permisos para las descargas líquidas, realizar auditorías ambientales y tratamiento de efluentes, controlar las emisiones atmosféricas y la generación de residuos sólidos.

Con respecto a los aspectos relevantes, se puede indicar que, existe en la empresa el pasivos ambiental denominado Borra, que es un residuo proveniente de la refinación del aceite de pescado, el cual se utilizaba como materia prima para la fabricación de resina alquídica.

### 2.3 Organigrama de la empresa

En la figura 2.1, se muestra la estructura organizacional de PYXIS



**FIGURA 2.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**

Otro paso importante para el desarrollo de la metodología de PmL es la conformación de un grupo de trabajo con personal de la empresa denominado ECO – EQUIPO, cuyo objetivo es implantar y llevar a cabo el programa de Producción Más Limpia. Las funciones del ECO – EQUIPO son: realizar el diagnóstico, identificar e implantar los proyectos, monitorear los resultados y realizar el seguimiento del Programa. El ECO – EQUIPO seleccionado se define en la tabla 1.

Además es necesario nombrar un interlocutor (contraparte) en la empresa, fijar fechas y horarios para reuniones y la frecuencia prevista de estas.

**TABLA 1**

**CONFORMACIÓN DEL ECO – EQUIPO**

<b>Nombre</b>	<b>Sección</b>	<b>Cargo</b>	<b>Formación</b>
Marlon Franco Aguilar	Administración	Gerente	Ingeniería Comercial
Kerly Franco Aguilar	Administración	Administradora	Diseño gráfico
Tairo Franco Ortiz	Producción	Propietario	Ingeniería Comercial
Lourdes Benitez Espinoza	Programa PML	Consultor	Ingeniería en Estadística Informática

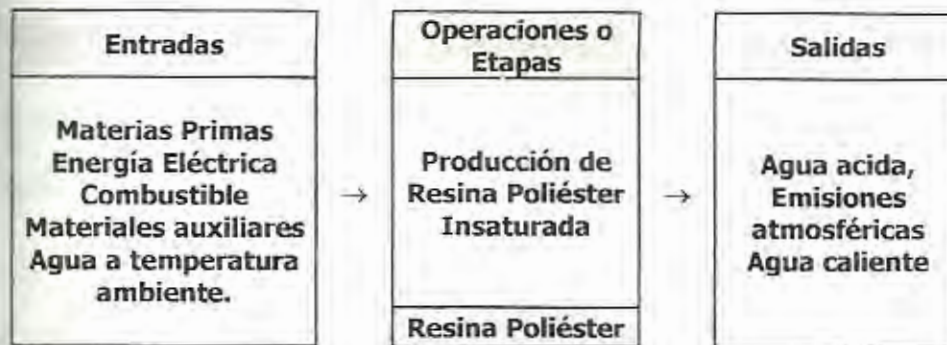
**2.3. Información sobre el proceso de la empresa**

En esta sección se realiza el análisis del proceso productivo de la empresa, efectuando una comparación cualitativa global de las entradas y salidas del mismo.

Utilizando un diagrama de bloques para cada proceso productivo de la empresa, se listan en cada proceso todas las entradas como materias primas, auxiliares e insumos, los productos de cada etapa y las salidas como desperdicios o desechos. Para el caso de estudio se describe en la Tabla 2 el proceso general de la producción de resina poliéster insaturada.

TABLA 2

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RESINAS POLIÉSTER INSATURADA



En base a la descripción general del proceso seleccionado se procede a identificar las etapas u operaciones con sus características más relevantes, en el Anexo I, se describe el proceso detallado de producción de resina poliéster insaturada.

En este proceso se determinaron siete etapas: carga de reactor, reacción exotérmica, reacción de condensación, inhibición, dilución, enfriamiento y filtrado, envase y pesado.

En esta fase no es necesario cuantificar las entradas o salidas, pero si se identificó todo lo que entra y sale como producto o desecho en cada una de las etapas u operaciones, aun cuando las materias primas o desechos se repitan en dos o más operaciones. Al final, de cada etapa se indica el producto final del proceso.



## 2.4. Lay- Out de la empresa

A continuación se describe gráficamente un diagrama de flujo del proceso de la empresa, sobre un plano de las instalaciones que contempla todas sus maquinarias, tanques y equipos. El diagrama indica el orden de las operaciones, desde la entrada de materias primas hasta el despacho del producto final. Figura 2.1.

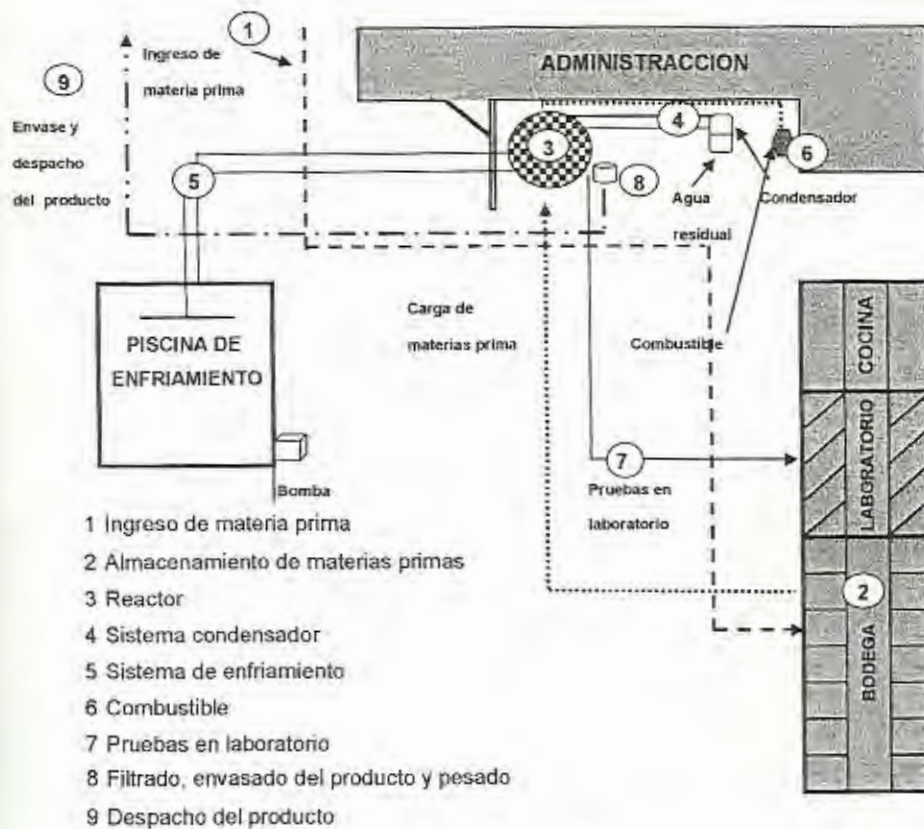


FIGURA 2.2 LAY-OUT DE LA EMPRESA

La producción de la resina poliéster insaturada se la realiza utilizando tres equipos: un reactor cuya capacidad de procesamiento es de 1300 kg por lote, un motor de 2.5 hp para agitar la mezcla y una bomba de 3 hp para la circulación del agua del sistema de enfriamiento.

### 2.5. Análisis de las entradas de los procesos

En esta etapa se realiza una evaluación de las principales materias primas, insumos y materiales auxiliares, estableciendo para ello los consumos anuales en kg o ton por proceso. En las cantidades empleadas normalmente, se utilizó las unidades más comúnmente comprendidas en la empresa, de tal modo que se puedan utilizar como un indicador. En la tabla 3 se muestra una descripción general de las materias primas e insumos utilizados en el proceso y en el Anexo II se muestra información en detalle

**TABLA 3**

#### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS DEL PROCESO**

<b>Materias primas, insumos y auxiliares</b>	<b>Cantidad anual</b>	<b>Unidad</b>
Propilenglycol	5600	KG
Dietilenglycol	400	KG
Ethelenglycol	4978	KG
Anhídrido Maleico	4300	KG
Anhídrido Ftálico	13000	KG
Estireno Monómero	14500	KG
MEK Peróxido	1100	KG
Solvesso	1100	KG
Envases de Metal	200	Tamb.

La forma de almacenamiento de las principales materias primas, insumos auxiliares descritos en la tabla 3, se realiza en un depósito abierto sin techo.

## 2.8. Información sobre el consumo de agua

La fuente de abastecimiento de agua de la empresa es a través de la compañía de agua local INTERAGUA, el consumo estimado anual y el costo se describen en la tabla 4.

**TABLA 4**  
**CONSUMO DE AGUA**

<b>Fuentes de Abastecimiento</b>	<b>Cantidad (m<sup>3</sup>/ año) A</b>	<b>Costo (US\$/ m<sup>3</sup>) B</b>	<b>Gasto total ( US\$) A * B</b>
Compañía de Agua – Red	327.36	0.4	130.94 23.64 Cargo Fijo 104.75 Alcantarillado <b>259.33 TOTAL</b>

El uso del agua se reparte en las siguientes actividades: procesos productivos, lavado de vehículos, comedor y cocinas, baños y duchas y otros como el lavado de ropa y la descarga de los baños.

Para la estimación del consumo anual de agua se tomó como base de cálculo los meses de Agosto de 2004 a Febrero de 2005, y se proyectó el consumo de agua a un año. El total calculado por día es de 1240 Lt, si consideran 22 días laborables se obtiene 27.28 m<sup>3</sup> por mes.

## 2.7. Consumo de energía

Para el cálculo del consumo de energía eléctrica, la medición se realizó desde agosto del 2004 a enero 2005, por cuanto la producción de resinas empezó desde esa fecha. En la tabla 5 se muestra las estadísticas de los consumos de energía eléctrica.

**TABLA 5**

### ESTADÍSTICAS DEL CONSUMO Y COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Consumo medio mensual:	<b>3553.5</b>	<b>kWh</b>	<b>426.42</b>	<b>US\$</b>
Consumo mínimo mensual:	<b>2574</b>	<b>kWh</b>	<b>308.88</b>	<b>US\$/kWh</b>
Consumo máximo mensual:	<b>4842</b>	<b>kWh</b>	<b>581.04</b>	<b>US\$</b>
Consumo anual	<b>21321</b>	<b>kWh</b>	<b>2558.52</b>	<b>US\$</b>

En lo que respecta al consumo de combustibles, esta empresa utiliza GLP. Durante el periodo de cálculo se produjeron 33 lotes y por cada lote de producción se utilizan 4 cilindros de GPL de 15kg, dando como resultado un consumo de 1980 kg de GPL.

### 2.3. Análisis de las salidas del proceso

El producto sujeto de este estudio es la resina poliéster insaturada para la cual la empresa tiene una capacidad máxima instalada mensual de 39000 kg sin embargo la producción actual mensual y anual son respectivamente 7680 kg y 39600 kg. La empresa tiene en proyecto realizar una ampliación de la capacidad instalada de producción a 99000\* kg mensuales. La base de cálculo para estas estimaciones se presenta en la tabla 6.

**TABLA 6**

**RESUMEN DE LOS CRITERIOS PARA LA OBTENCIÓN DE LAS ESTIMACIONES**

• Capacidad máxima instalada: si se realiza una producción diaria, en un mes se pueden fabricar 30 lotes de 1300 Kg.
• Producción actual media 6.4 producciones al mes de 1200 Kg.
• El periodo de producción considerado es desde agosto del 2004 a febrero del 2005, en el que se realizaron 33 lotes por lo que en ese periodo la producción total es 39600.
• *Capacidad mensual 3300 Kg por día 30 producciones

La Información sobre los efluentes líquidos industriales, generados durante el proceso productivo se calculó considerando el periodo de producción de agosto de 2004 a febrero de 2005, en este periodo se realizaron 33 lotes, obteniéndose un promedio de 6.4 lotes por mes, el caudal promedio que se genera por lote es de 0.087 m<sup>3</sup>. El caudal anual

estimado es de  $6.68 \text{ m}^3$  y el máximo considerando la capacidad instalada de la planta es de  $31.32 \text{ m}^3$ .

En lo que se refiere al tratamiento de los efluentes, la empresa no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales. El destino de los efluentes son: la red de alcantarillado, el almacenamiento y la mezcla con el pasivo ambiental denominado Borra, cuando este se vende.

Sobre los efluentes líquidos sanitarios, es decir la generación de aguas servidas o grises, se obtuvo la siguiente información: caudal diario y anual estimado respectivamente son de  $1.2 \text{ m}^3$  y  $322.06 \text{ m}^3$ . El destino de estos efluente es la descarga en la red de alcantarillado.

En lo que respecta a la generación y destino de los residuos sólidos, tenemos que el principal residuo es la arena de resina que se obtiene en la etapa final del proceso productivo denominada filtrado, envase y pesado, es considerado un residuo peligroso y se genera un estimado de  $8.25 \text{ Kg}$  anualmente, el destino de este residuo es el sistema de recolección de basura.

Las emisiones atmosféricas generadas son las concernientes a la combustión del GLP utilizado para el calentamiento del reactor y los vapores y solventes que resultan de la reacción de las materias primas

durante todo el proceso productivo. La empresa no cuenta con sistemas de control para estas emisiones.

Las emisiones sonoras se limitan a las generadas por la bomba y el motor utilizado para agitar la resina en el reactor, el nivel de ruido medido en decibeles es de 67 y 63 respectivamente, aproximadamente a un metro de distancia.

En la tabla 7 se muestra información sobre las salidas adicionales del proceso productivo.

**TABLA 7**

**SALIDAS ADICIONALES DEL PROCESO PRODUCTIVO**

<b>Principales problemas</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
Emisión de ruidos		X	
Vecindad		X	
Producción y/o generación de residuos		X	Se deben implementar buenas prácticas de fabricación
Subproductos		X	
Efluentes o emisiones no deseados y desperdicios,	X		Revisar sellos del reactor
Sistemas de almacenamiento		X	
Stocks	X		Falta de capital de trabajo
Pérdidas que se transformen en residuos		X	

## **2.9. Evaluación de los datos**

Para la evaluación de los datos se desarrolló una matriz que contiene parámetros relacionados al impacto ambiental de los aspectos ambientales del proceso tales como el uso de los recursos naturales, la contaminación del agua, la contaminación del suelo y aguas subterráneas, la contaminación del aire y el incomodo a partes interesadas. Además de estos parámetros se establecieron criterios de probabilidad del impacto, relevancia, existencia de algún requisito legal y la existencia de medidas para la adecuación, obteniendo finalmente con esta información una prioridad para el tratamiento de los aspectos ambientales.

Los resultados de esta evaluación se presentan en el Anexo III.

## **2.10. Resumen de la evaluación de los datos**

Sobre la base de las evaluaciones de los aspectos ambientales y los datos obtenidos en el llenado del manual de diagnóstico, se desarrollaron oportunidades de mejora, las cuales serán posteriormente re-evaluadas empleando nuevos criterios. Los conceptos de Producción más Limpia y la metodología de implementación de Programas de Producción más Limpia proveerán los nuevos criterios para seleccionar oportunidades y



promover el establecimiento de prioridades para una posible implantación entre todas las que fueron seleccionadas. Estos nuevos criterios se desarrollaran en el capítulo tres.

En el Anexo IV se muestra el resumen de la evaluación de los datos, estableciendo para cada problema una estrategia u opción de solución.

# Capítulo 3

## 3. MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

### 3.1. Balance de materiales

En esta fase se realiza el análisis cuantitativo de las entradas y salidas del proceso productivo. El periodo de referencia para realizar el balance de materiales es la producción de un lote de resina poliéster. En cada etapa del proceso se determinan las entradas de: materias primas, insumos y auxiliares, agua y energía, también se identifican las salidas establecidas como efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones atmosféricas. Como la producción de resina es un proceso de polimerización en fase cerrada y por calor, en la primera etapa del proceso denominada "Carga de materia primas" entran aproximadamente 1200 kg de materias primas.

En la tabla 8 se detallan las entradas del proceso de producción de resina para un lote de estas y en la tabla 9 se muestra la cuantificación estimada de las entradas el proceso.

TABLA 8

## DESCRIPCIÓN DE ENTRADAS DEL PROCESO

ENTRADAS			PROCESO PRODUCTIVO
Materias primas, insumos y auxiliares	Agua	Energía	Etapas
1 Propilenglycol, 2 Ethelynglycol, 3 Acido Fumarico, 4 Estierno Monómero, 5 Anhídrido Ftálico, y 6 Trifenol			1. Carga del reactor
7 CO <sub>2</sub>		Combustible, Energía eléctrica	2. Reacción Exotérmica
7 CO <sub>2</sub>	Agua a temperatura ambiente*	Combustible, Energía eléctrica	3. Reacción de Condensación
8 Inhibidores de Quinona	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	4. Inhibición
4 Estireno Monómero, 9 Solvesso (solvente)	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	5. Dilución
	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	6. Enfriamiento
Tanques de 55 gl, Filtro de tela de organiza, Diluyente			7. Filtrado y envase

TABLA 9

## CUANTIFICACIÓN ESTIMADA DE LAS ENTRADAS DEL PROCESO

Materias primas, insumos y auxiliares	Agua	Energía
Propilenglicol 179.25 KG Ethylenglicol 166 KG Anhídrido Fumárico 185.5 KG Anhídrido Ftálico 473.5 KG Estireno Monómero 350 KG Hidroquinona 0.186 KG Trifenol 0.035 KG Solvesso 12 KG	*14 m <sup>2</sup> de agua para recirculación en la etapa de enfriamiento	\$6USD por combustible \$8.31 USD por energía eléctrica

Las principales emisiones son generadas por la combustión del GLP, y los vapores que se producen durante la reacción de las materias primas, La arena de resina es un residuo sólido generado durante la etapa de "Filtrado, envasado y pesaje". Por el efecto de la condensación se genera un desprendimiento de agua con contenido de solvente, denominada agua ácida. En la tabla 10 se describen las salidas en las diferentes etapas del proceso.

En total el estimado de los residuos del proceso son: agua ácida 87 Kg y arena de resina 0.25 Kg. La diferencia con respecto al total de las entradas, se evapora y se queda en el reactor y se estima es de 56.24

Fig. En el anexo V se muestra la tabla completa del balance de materiales del proceso de producción de resina poliéster.

**TABLA 10**  
**DESCRIPCIÓN DE LAS SALIDAS DEL PROCESO**

PROCESO PRODUCTIVO	SALIDAS			
	Etapas	Efluentes Líquidos	Residuos Sólidos	Emisiones Atmosféricas
1. Carga del reactor			1: 0.85 Tambor 210 Kg, 2: 0.70 Tambor 234 Kg 3: 1.66 Tambor 210 Kg 4: 1.88 Tambor 186 Kg 5: 18.92 Fundas de 25 Kg	
2. Reacción Exotérmica				CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> Vapores
3. Reacción de Condensación				CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> Vapores
4. Inhibición				CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> Vapores
5. Dilución		Agua ácida.		Vapores
6. Enfriamiento				
7. Filtrado y envase			Arena de resina	

### 3.2. Recopilación de datos

Los principales subproductos, residuos, efluentes e emisiones de la producción de resina se detallan en la tabla 11, en la cual se asocia a

cada tipo de residuo una estimación del costo de este, tomando como referente el costo de la materia prima

**TABLA 11**

**PRINCIPALES RESIDUOS Y COSTOS ESTIMADOS**

Nombre Subproductos, desperdicios, residuos, efluentes y emisiones	Costos asociados a materia prima		
	(A) Cantidad anual del desecho (t)	(B) Costo de la materia prima (US\$/t)	C = (A * B) Costo del desecho (US\$)
Arena de resina	8.25 KG	2.34	19.30
Agua acida	2871 KG	2.34	6718
CO2	--	---	--
NOx	--	--	--
Fundas	624.36	1.40	874.10
Tambores 210 Kg	82.83	1.45	120.1
Tambores 234 Kg	23.1	1.06	24.48
Tambores 186 Kg	62.04	2.05	127.1

Con respecto a los costos generados por el tratamiento o disposición de los residuos solo se ha podido estimar el costo de la disposición de la arena. En cuanto a los tambores se consideró un precio por la venta de los mismos.

En la tabla 12 se detallan las principales materias primas, los consumos anuales, el costo de estas, y el porcentaje aproximado de las materias primas que se agrega al producto, se refiere a la eficiencia del proceso

cuanto se debe agregar de exceso o con relación a la pureza del componente). El porcentaje de materia prima en el producto se puede verificar en la formulación del mismo, esta información es de carácter confidencial, y se refiere a la composición del producto.

**TABLA 12**

**PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS Y COSTOS ESTIMADOS**

<b>Materias primas</b>	<b>(A) Cantidad anual (kg o t)</b>	<b>(C = A* B) Costo Total Anual (US\$)</b>	<b>Porcentual de materia prima que se agrega al producto (%)</b>
Propilenglicol	5600	10360	13.12
Dietilenglicol	400	552	12.15
Ethelenglycol	4978	5276	12.15
Anhídrido Maleico	4300	10750	13.57
Anhídrido Ftálico	13000	18200	34.65
Estireno Monómero	14500	29725	25.61
MEK Peróxido	1100	3520	
Xileno	1260	1575	0.88

Los principales insumos y materiales que se utilizan para la fabricación de la resina poliéster son: agua, utilizada básicamente para la etapa de enfriamiento, el GLP, para calentar el reactor, el CO<sub>2</sub> para crear una atmósfera inerte dentro del reactor y energía eléctrica. En la tabla 13 se muestra un detalle de los consumos anuales de estos insumos y auxiliares para el periodo considerado en este estudio de agosto de 2004 a febrero de 2005. Durante este lapso se produjeron 33 lotes

TABLA 13

## PRINCIPALES INSUMOS Y MATERIALES Y COSTOS ESTIMADOS

Insumos y auxiliares	(A) Cantidad anual (kg o t)	(C = A* B) Costo Total Anual (US\$)	Finalidad de Utilización
Agua	2.64 M <sup>3</sup>	1.056	Enfriamiento
GPL	1485 KG	594	Calentamiento
CO <sub>2</sub>			Reacción
Energía eléctrica	69.32 Kwh	274.5	Producción

## 3.3. Evaluación de los datos

En esta sección, se presenta la evaluación de los residuos y subproductos, su clasificación de acuerdo a su origen, el análisis de las posibles alternativas para evitarlos, reducirlos o reciclarlos, de acuerdo a los niveles de implantación de un programa de Ecoeficiencia.

Finalmente se hace una evaluación de las posibles alternativas de mejoramiento, las áreas de la empresa en dónde se aplicarían y los obstáculos para la ejecución de las mismas.

Sobre esta base, todavía es necesario identificar las formas de evaluación de los beneficios de las oportunidades relacionadas, así como de la manera como se van a monitorear los diversos parámetros



Se adoptan los factores de conversión para un nivel macro de mediciones, o sea, utilizar unidades de medición que demuestren más precisamente los datos recopilados para las áreas o sectores. Se relacionan los datos levantados con la producción. Es importante resaltar que la utilización de unidades correctas es fundamental para reducir el error y evitar la pérdida de tiempo con cálculos y conversiones innecesarias.

Para la definición de la frecuencia, periodo y parámetros para la recopilación de datos, se determina un intervalo de tiempo indicado para la recopilación de datos, en la frecuencia de las evaluaciones se consideran algunos factores como el régimen de producción, el consumo de materias primas, la generación de efluentes y residuos, etc. Si la producción tiene una gran variabilidad en el tiempo, la frecuencia de medición debe ser mayor y siempre relacionada con las amplitudes de variación. Algunos procesos pueden ser monitoreados en determinados intervalos de tiempo, por ejemplo una jornada diaria de trabajo. Otros procesos deben ser evaluados por eventos, como por ejemplo, la producción de un lote de piezas, la cosecha de determinados productos, la realización de una obra.

### 3.5. Identificación de los puntos de monitoreo

Después de establecer el flujograma del proceso, realizar la recopilación de datos, la elaboración del balance de materiales, y la determinación de los indicadores es necesario identificar los puntos de medición y establecer el plan de monitoreo de los indicadores.

En el flujograma (Anexo VIII), se identifican los puntos de monitoreo y los parámetros a ser evaluados con el respectivo período y frecuencia. Si fuera el caso en el flujograma se indica de forma distinta los parámetros que ya son monitoreados normalmente de los nuevos que serán monitoreados a partir del programa.

Cuando el monitoreo es realizado para determinar las condiciones del proceso, se indica en los cuadros centrales de diagrama de flujo.

### 3.7. Plan de monitoreo

Para establecer el plan de monitoreo hay que tener en cuenta que la complejidad de un monitoreo o de los indicadores seleccionados puede ser definitiva en la elección de los casos de estudio. Una posible oportunidad de PmL puede exigir un Plan de Monitoreo o indicadores demasiado complejos o que necesiten recursos no disponibles para poder identificar los beneficios, de tal forma que las mismas sean

inviabiles de implementar y evaluar. En el Anexo IX se muestra el plan de monitoreo establecido para los indicadores ambientales del proceso de producción de resina poliéster.

La metodología planteada para las evaluaciones es la siguiente:

1. Pesar cada una de las materias primas en las diferentes etapas que estas son agregadas.
2. Medir el nivel de llenado en la piscina que reserva el agua utilizada en el proceso para el enfriamiento al inicio de la semana y al final de esta.
3. Medir el tiempo de encendido del motor y de la bomba para el sistema de enfriamiento y agitación respectivamente.
4. Pesar el residuo generado luego que la resina de un lote es filtrada
5. Pesar el efluente generado por la etapa de inhibición
6. Contabilizar todos los recursos utilizados para el tratamiento del agua ácida (efluente) y dividirlo para los metros cúbicos tratados en el periodo que se estime en el caso de diseño de la PTAR.
7. Todas las mediciones deben ser anotadas en la hoja de control respectiva

### 3.3 Selección de los proyectos que serán implantados

A partir de los estudios realizados, del análisis de las oportunidades y los problemas abordados anteriormente, ya se dispone de los elementos que permitan elegir los casos de estudio a ser implementados y evaluados.

Los casos de estudio serán seleccionados a partir de su viabilidad técnica, el estudio de viabilidad económica integra la evaluación del mismo. Todas las oportunidades que no se implementen pero que son consideradas de interés de la empresa, deben ser incluidas en el plan de continuidad de Producción más Limpia.

Se tienen en reserva algunos casos de estudio considerados viables y de interés para la empresa, en el caso de que los seleccionados no puedan dar el suficiente detalle requerido, como por ejemplo, dificultades de demostrar los beneficios económicos o ambientales, dificultades de evaluar los indicadores o de establecer un plan de monitoreo.

Todos los casos de estudio mencionados en la tabla 17, están respaldados por un acta de reunión con la empresa, con la firma del representante de la alta gerencia de la misma. Por lo menos uno de ellos se relaciona con la administración de energía en la empresa.

TABLA 17

## CASOS DE ESTUDIO ELEGIDOS

NOMBRE DEL CASO DE ESTUDIO	MOTIVO DE ELECCIÓN
Sistema de enfriamiento	Disminución del tiempo de enfriamiento y de la energía eléctrica. Ampliación de la capacidad de producción.
Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cumplimiento con la normativa aplicable y solicitud de la empresa
Sistema de carga de la materias primas en el reactor	Evitar derrames de materia prima o su contaminación. Implementar medidas de seguridad industrial para los trabajadores
Construcción de una chimenea	Cumplimiento con la normativa aplicable

### 3.9. Resumen de la evaluación de los datos

En esta sección se realiza un resumen cualitativo y cuantitativo de la evaluación de los residuos y subproductos, su clasificación de acuerdo a su origen, el análisis de las posibles alternativas para evitarlos, reducirlos o reciclarlos, de acuerdo a los niveles de implantación de un programa de Ecoeficiencia.

Para el caso de la producción de resina poliéster los residuos y subproductos encontrados son: arena de resina, agua ácida, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Fundas, tambores 210 Kg, tambores 234 Kg y tambores 186 Kg.

Luego se realiza una descripción de las posibles alternativas de mejoramiento, las áreas de la empresa en donde se aplicarían, los obstáculos y un plan de instalación de las mismas.

Las posibles alternativas de mejoramiento, determinadas para la empresa, son:

1. Sistema de enfriamiento: se realizaría en el proceso productivo, el principal obstáculo es el económico.
2. Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: para tratar el efluente denominado como agua ácida.
3. Sistema de carga de las materias primas en el reactor: se aplicará en la primera etapa de proceso, el obstáculo es el cambio operacional.
4. Construcción de una chimenea: para cumplir con la normatividad vigente relacionada a las emisiones por combustión, tiene como barrera el factor económico.

A continuación en la tabla 18 se realiza una breve descripción del Plan de Monitoreo, identificando las etapas del proceso.

TABLA 18

## INDICADORES Y ETAPAS DE MONITOREO

Indicadores	Etapas
Consumo de materia prima por Lote	Etapas: 1, 2 y 5
Consumo de agua para enfriamiento por semana	Etapas: 3, 4, 5 y 6
Consumo de energía por Lote	Etapas: 2, 3, 4, 5 y 6
Generación de arena de resina por Lote	Etapas: 7
Generación de agua acida por Lote	Etapas: 4
Costo de tratamiento del agua acida	Al final del tratamiento

# Capítulo 4

## 4. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

### 4.1. Caso de estudio 1: Sistema de enfriamiento

#### 4.1.1. Descripción de la situación anterior al caso de estudio

En la situación anterior a la implantación del proyecto, el proceso de enfriamiento se lo realiza desde la etapa cuatro Inhibición hasta la etapa seis Enfriamiento y tiene una duración de aproximada de tres horas y media. El reactor está semicubierto por una estructura de cemento que hace las funciones de aislante térmico para conservar el calor para las etapas de reacción de los polímeros.

El consumo de energía para las etapas que involucran enfriamiento del producto es de aproximadamente 4.48 Kwh (Bomba), lo que en dinero representa \$0.53 USD. No se utiliza el motor para girar las aspas por cuanto se ahorra \$0.67 USD



El sistema de enfriamiento se consideró aplicable por cuanto la empresa cuenta con un tanque de acero inoxidable con las características para ser utilizado en este caso.

#### **4.1.2. Alternativas de mejoramiento analizadas**

Las alternativas estudiadas para este caso fueron las siguientes:

- un sistema térmico desmontable; y,
- un sistema de enfriamiento externo al reactor.

La elección se direccionó a la segunda alternativa por la existencia en la empresa de un tanque que sería utilizado para implantar el proyecto.

#### **4.1.3. Descripción del caso de estudio**

El sistema de enfriamiento propuesto como caso de estudio, consiste en colocar un tanque de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> de capacidad para realizar el enfriamiento del producto luego que ha terminado la etapa tres del proceso Reacción por condensación. Luego de esta etapa el producto reaccionado es vaciado en el tanque secundario. El vaciado se realizaría utilizando una manguera conectada desde el tanque reactor al tanque de

enfriamiento. El producto reaccionado bajaría por gravedad al tanque de enfriamiento que se debe colocar a nivel del piso.

Para acondicionar el tanque de acero inoxidable que posee la empresa como tanque de enfriamiento es necesario colocar dobles serpentines uno interno y otro externo. Se utilizará una bomba para hacer circular el agua desde la piscina de enfriamiento hasta el tanque.

El producto vaciado en el tanque de enfriamiento se enfría con el mismo sistema del tanque reactor, sin embargo se considera que el tiempo de enfriamiento se reduce por cuanto el nuevo tanque estaría a una temperatura ambiente y no tiene la semicubierta de cemento que conserva el calor y demora el enfriamiento del producto.

Este caso de estudio es requerido como parte del proyecto de ampliación de la capacidad de producción que tiene la empresa. Además, si el reactor es cargado con nueva materia prima inmediatamente luego de descargar el producto reaccionado, se aprovecharía el calor que ha conservado para realizar la etapa dos del proceso productivo Reacción Exotérmica.

La clasificación de los cambios que se realizarían en este caso de estudio están categorizados como buenas prácticas operacionales e innovaciones tecnológicas

#### **4.1.4 Análisis de la situación actual y proyectada**

El análisis de la situación actual es decir sin la aplicación de caso de estudio y la proyectada, se realiza tomando como referencia los consumos de combustible y energía eléctrica para la producción de un proceso de producción de resina poliéster.

Tomando en cuenta la referencia descrita anteriormente tenemos para la situación actual que el consumo de combustible es de \$ 6 USD y el de energía eléctrica \$ 8.31 USD anteriormente. En la situación proyectada se tiene un consumo de combustible de \$ 5.55 USD y de energía eléctrica de \$ 7.36 USD.

#### **4.1.5 Definición del plan de monitoreo**

Como parte del plan de monitoreo para este caso de estudio, es necesario medir el tiempo de encendido del motor y de la bomba para el sistema de enfriamiento y agitación respectivamente. La medición se debe realizar en las etapas 2 a 6 del proceso productivo. La frecuencia de medición planteada es de cada seis

lotes de producción y el período es por lote de producción. De esta forma se tiene que el indicador propuesto para este caso es Consumo de energía por Lote y la unidad de medición es KWh/L.

#### 4.1.6 Evaluación económica

Para la evaluación económica se consideraron los rubros relacionados a los costos por el cambio, el operacional antes y después de PmL y el beneficio económico relacionado a la ampliación de la capacidad de producción.

En el costo del cambio incluye la adaptación del tanque, la adquisición de una bomba y una manguera y la mano de obra, lo que da un total de \$230 USD. El costo operacional antes de PmL es calculado en base al consumo de combustible y energía eléctrica, además del costo de oportunidad el cual asciende a \$435.31 USD. El costo operacional después de PmL es de \$ 12.91 USD.

El beneficio económico se cuantifica en base a la disponibilidad del reactor para empezar el proceso de producción nuevamente más el ahorro de combustible y energía eléctrica.

Al realizar el análisis económico se determinó que el proyecto es rentable por cuanto la TIR del Flujo de Caja Operativo es mayor que el costo de oportunidad que es del 25%. EL valor actual neto de la inversión es \$568,54 USD y la recuperación del capital es en el primer año si se utiliza la disponibilidad del reactor. En el Anexo X se muestra el análisis económico realizado para este caso de estudio.

## **4.2. Caso de estudio 2: Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

### **4.2.1 Descripción de la situación anterior al caso de estudio**

En la producción de Resina Poliéster se realiza la etapa Reacción de Condensación. En esta etapa cuando se logra la temperatura de 160°C, se genera un desprendimiento de agua que es arrastrada a un separador. por efecto de la condensación se separa el solvente del agua ácida, el cual es considerado como un efluente del proceso de producción. El solvente es recuperado y reingresado al reactor.

La cantidad promedio de agua acida es de 0.087 m<sup>3</sup>. Este efluente es almacenado pues las ordenanzas establecidas por el municipio

de Guayaquil no permiten realizar la descarga en las redes de alcantarillado de los efluentes industriales sin tratamiento.

#### **4.2.2. Alternativas de mejoramiento analizadas**

Más que otra alternativa, para este caso, es necesario revisar el sistema de condensación y evaluar si hay alguna mejora que deba realizarse para disminuir la cantidad de agua acida producida. Sin embargo la empresa se ha planteado realizar la evaporación del agua acida por medio del calentamiento de esta a altas temperaturas, como otra opción para la eliminación del efluente, esta alternativa no ha considera la contaminación atmosférica por las emisiones al evaporar el efluente.

#### **4.2.3. Descripción del caso de estudio**

Las alteraciones más importantes que pueden sufrir las aguas como consecuencia de la presencia de sustancias extrañas en ellas, pueden ser: físicas, químicas, biológicas o derivadas de la actividad humana. Para cualquiera sea el caso el primer paso para realizar el diseño de una planta de tratamiento es conocer la caracterización de esta agua en base a los parámetros antes mencionados.

La planta de tratamiento tendría las siguientes etapas:

**Pretratamiento:** tiene por propósito el acondicionamiento de las aguas residuales para ingresar a otras unidades de tratamiento y la remoción de sólidos gruesos. Para este caso en particular la unidad que cumple este objetivo y que se utilizaría es un tanque de igualación de caudales.

**Tratamiento Primario:** el propósito es el de remover los sólidos suspendidos volátiles, ajustar el pH, remover fósforo y metales de las aguas residuales. Las unidades previstas para el efecto pueden ser las siguientes:

- Proceso Físico: Sedimentación, Flotación
- Proceso Químico: Neutralización (ajuste de pH), Coagulación y floculación (remoción de fósforo y metales)

**Tratamiento Secundario:** el objetivo es remover de las aguas residuales industriales las sustancias orgánicas biodegradables.

Los procesos que cumplen con el propósito son:

- Suspensiones Microbiológicas: Lodos Activados, Lagunas de Estabilización
- Biopelículas: Lechos de Contacto (Filtros Percoladores), Discos Rotatorios (Módulos Rotatorios), Lechos Fluidizados, Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente

Tratamiento Terciario: el objeto es la remoción de las aguas residuales de algunas sustancias en particular que aún permanezca en las aguas que han salido del tratamiento secundario, como las siguientes:

- Filtración: remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de Nitrógeno y Fósforo
- Remoción de compuestos orgánicos no biodegradables: adsorción en carbón activado
- Intercambio iónico: remoción de metales, nitratos, etc.
- Ultrafiltración y ósmosis inversa
- Aplicación sobre el terreno

Desinfección: tiene por objetivo la eliminación de las aguas residuales de microorganismos patógenos. Los procesos mediante los que se desinfectan son:

- Cloración



- Aplicación de ozono

Tratamiento de Lodos: los lodos generados durante el proceso de tratamiento deben ser tratados para completar el sistema. Los procesos por los que se consigue son:

- Digestión aeróbica
- Digestión anaeróbica
- Incineración
- Lechos de secado
- Filtros prensa

El cambio propuesto es clasificado en la metodología de PmL como tratamiento y disposición de desechos.

#### **4.2.4. Análisis de la situación actual y proyectada**

El análisis de la situación actual, se realiza tomando como referencia la generación del efluente denominado agua ácida, la cual se calcula es de 0.087 m<sup>3</sup> aproximadamente por lote de producción. Este efluente se genera producto de la condensación y recuperación del xileno en la etapa de inhibición del proceso productivo.

El caso de estudio planteado Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es una opción considerada en PmL como tratamiento de fin de tubo o disposición final. Con la aplicación de este caso de estudio, dentro del proceso productivo de la Resina Poliéster no se espera cambios considerables con respecto a la generación del efluente denominado agua acida (0.087 m<sup>3</sup> por lote reproducción) el cual sería tratado con la planta que se diseñe. Sin embargo se espera que con la revisión y mejoramiento del sistema de condensación mediante el cual opera actualmente la la planta, la empresa pueda disminuir la generación del efluente a 0.07 m<sup>3</sup> por lote.

#### **4.2.5. Definición del plan de monitoreo**

Para realizar el plan de monitoreo es necesario medir la cantidad de agua acida generada en la etapa de Reacción por Condensación. El efluente se genera en las etapas 3 y 4. La frecuencia de la medición es cada 6 lotes de producción y el periodo es un lote de producción.

Otras mediciones que hay que realizar son las relacionadas todos los costos del tratamiento del efluente por m<sup>3</sup>, esta medición se lo realiza al final del tratamiento, la frecuencia es cada 10 m<sup>3</sup> de agua residual tratados y el periodo se establece por m<sup>3</sup>.

#### 4.2.6. Evaluación económica

En el costo en relación al cambio incluye el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, la implementación de la PTAR y la capacitación del personal, lo que se estima en \$1750 USD. El costo operacional antes de PmL es calculado en base al costo de almacenamiento y al valor de la multa en caso de cierre, lo cual asciende a \$1120 USD. El costo operacional después de PmL se espera es de \$ 100 USD.

El beneficio económico se cuantifica en base a la continuidad de producción de un mes de trabajo, esto es \$ 16848 USD.

Al realizar el análisis económico se determinó que el proyecto es rentable por cuanto la TIR del Flujo de Caja Operativo es mayor que el costo de oportunidad que es del 25%. EL valor actual neto de la inversión es \$28794 USD y la recuperación del capital se da en el primer año. En el Anexo XI se muestra el análisis económico realizado para este caso de estudio.

### **4.3. Caso de estudio 3: Sistema de carga de las materias primas en el reactor.**

#### **4.3.1. Descripción de la situación anterior al caso de estudio**

La carga de las materias primas al reactor para la elaboración de Resina Poliéster se realiza de forma manual utilizando canecas de 20 Lt para transportarlas luego de que estas son pesadas, como la abertura del reactor por donde se cargan las materia primas se encuentra aproximadamente a 3 metros de altura las canecas son cargadas por los operarios traspasándose las entre ellos. En esta situación los operarios no utilizan medidas de seguridad. En el vaciado de las materias primas desde el tanque de su embalaje hasta el reactor se genera un desperdicio de las materias primas de aproximadamente 0.6 KG.

#### **4.3.2. Alternativas de mejoramiento analizadas**

La alternativa propuesta y analizada para este caso es la de la carga del reactor mediante un sistema de bombeo manual, que resulte económico por la no utilización de energía eléctrica y al mismo tiempo seguro para los operarios, de tal forma que estos no estén expuestos a posibles derrames que afecten su salud y a lesiones físicas por la manipulación de pesos.

#### **4.3.3. Descripción del caso de estudio**

El pesado de las materias primas se continuaría haciendo en la planta baja, a los tanques que almacenan la materia prima se les introduciría mangueras por medio de las cuales se bombearía el contenido hasta llegar al reactor. Se recomienda utilizar mangueras específicas para cada tipo de materia prima, así como conectores.

#### **4.3.4. Análisis de la situación actual y proyectada**

En el análisis de la situación actual, el desperdicio es calculado mediante el balance de materiales, estimándose con esto un desperdicio de materias primas al momento de hacer la carga de reactor de 0.6 Kg. aproximadamente por lote de producción.

En la situación proyectada se espera reducir a 0.2 Kg el desperdicio de materias primas. Aun cuando esta reducción no se considere muy significativa, es necesario resaltar que con el sistema actual existen riesgos potenciales que involucran el daño físico de los operarios como son la exposición a los derrames y las lesiones por la carga de pesos. Con el proyecto de mejora estos riesgos se verían disminuidos.

#### 4.3.5. Definición del plan de monitoreo

Para realizar el plan de monitoreo es necesario medir la cantidad de agua acida generada en la etapa de Reacción por Condensación. El efluente se genera en las etapas 3 y 4. La frecuencia de la medición es cada 6 lotes de producción y el periodo es un lote de producción.

En el plan de monitoreo de este caso es necesario pesar las materias primas utilizadas y los desperdicios producidos por el vaciado de estas en el reactor. Las etapas en las que se realizaría las mediciones son la 1, 4 y 5, la frecuencia propuesta es de cada 6 lotes de producción y el periodo durante el cual se realiza la medición es por lote de producción.

Otra medición que se propone realizar en este caso es la de pesar la arena de resina luego de realizar el filtrado del producto, es decir en la etapa 7, con la misma frecuencia de cada 6 lotes de producción y periodo de un lote de producción.

#### 4.3.6. Evaluación económica

En el costo en relación al cambio incluye la adquisición de una bomba manual, de mangueras y la capacitación de los operarios,

lo que se estima en \$150 USD. El costo operacional antes de PmL es calculado en base al desperdicio de las materias primas, la seguridad y salud de los operarios y a la mano de obra de los operarios en relación al tiempo que demora realizar la carga del reactor con el método actual, lo cual asciende a \$238 USD aproximadamente. El costo operacional después de PmL se espera es sea \$ 15 USD, por el tiempo de la mano de obra destinada a la actividad de carga del reactor.

El beneficio económico se cuantifica en base a la reducción del desperdicio y a la salud ocupacional, lo cual se estima en \$ 240 USD.

Al realizar el análisis económico se determinó que el proyecto es rentable por cuanto la TIR del Flujo de Caja Operativo es mayor que el costo de oportunidad que es del 25%. EL valor actual neto de la inversión es \$5.447,42 USD y la recuperación del capital se da en el primer año. En el Anexo XII se muestra el análisis económico realizado para este caso de estudio.

# Capítulo 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

#### 5.1.1. Conclusiones del caso de estudio 1: Sistema de enfriamiento

Los beneficios ambientales determinados para este caso son:

- Disminución de la energía eléctrica, de 69.32 Kwh a 61.5 Kwh
- Disminución del uso combustible GPL, de 45 Kg a 41.9 Kg y la generación de NOx y CO2 como resultado de la combustión de este.

Los beneficios económicos estimados son:

- Ahorro de energía y combustible, \$ 0.95 USD y \$ 0.45 USD respectivamente.
- Disminución del tiempo de uso del reactor, lo cual posibilita que esté disponible en menos tiempo para ser cargado nuevamente e iniciar la producción de otro lote.



El beneficio tecnológico está relacionado a tener un sistema alternativo de enfriamiento, que permita aumentar la capacidad de producción de la planta.

#### **5.1.2. Conclusiones del caso de estudio 2: Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

El beneficio ambiental identificado es evitar la descarga de efluentes industriales al sistema de alcantarillado sin tratamiento.

El caudal tratado por lote de producción es 0.087 m<sup>3</sup>

El beneficio económico radica en la continuidad en la producción, con la capacidad actual instalada \$16848 USD, como consecuencia de cumplir los reglamentos y ordenanzas del gobierno local.

El beneficio tecnológico determinado es contar con una con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### 5.1.3. Descripción del caso de estudio 3: Sistema de carga de las materias primas en el reactor

El beneficio ambiental está relacionado a prevenir el derrame de las materia primas que contaminan el suelo.

Como beneficios económicos se han estimado:

- La disminución del desperdicio de materias primas por el vaciado de estas al reactor; y,
- La disminución del 50% de operarios dedicados a la labor de vaciado y además de la reducción del tiempo de vaciado.

El beneficio tecnológico se determina por la mejora del proceso de carga del reactor mediante un sistema de bombeo manual.

Los beneficios de salud ocupacional identificados son:

- Prevenir las afectaciones de enfermedades por exposición a intoxicación con sustancias químicas y de la columna por cargar peso sin protección, y,
- La utilización de implementos de seguridad industrial.

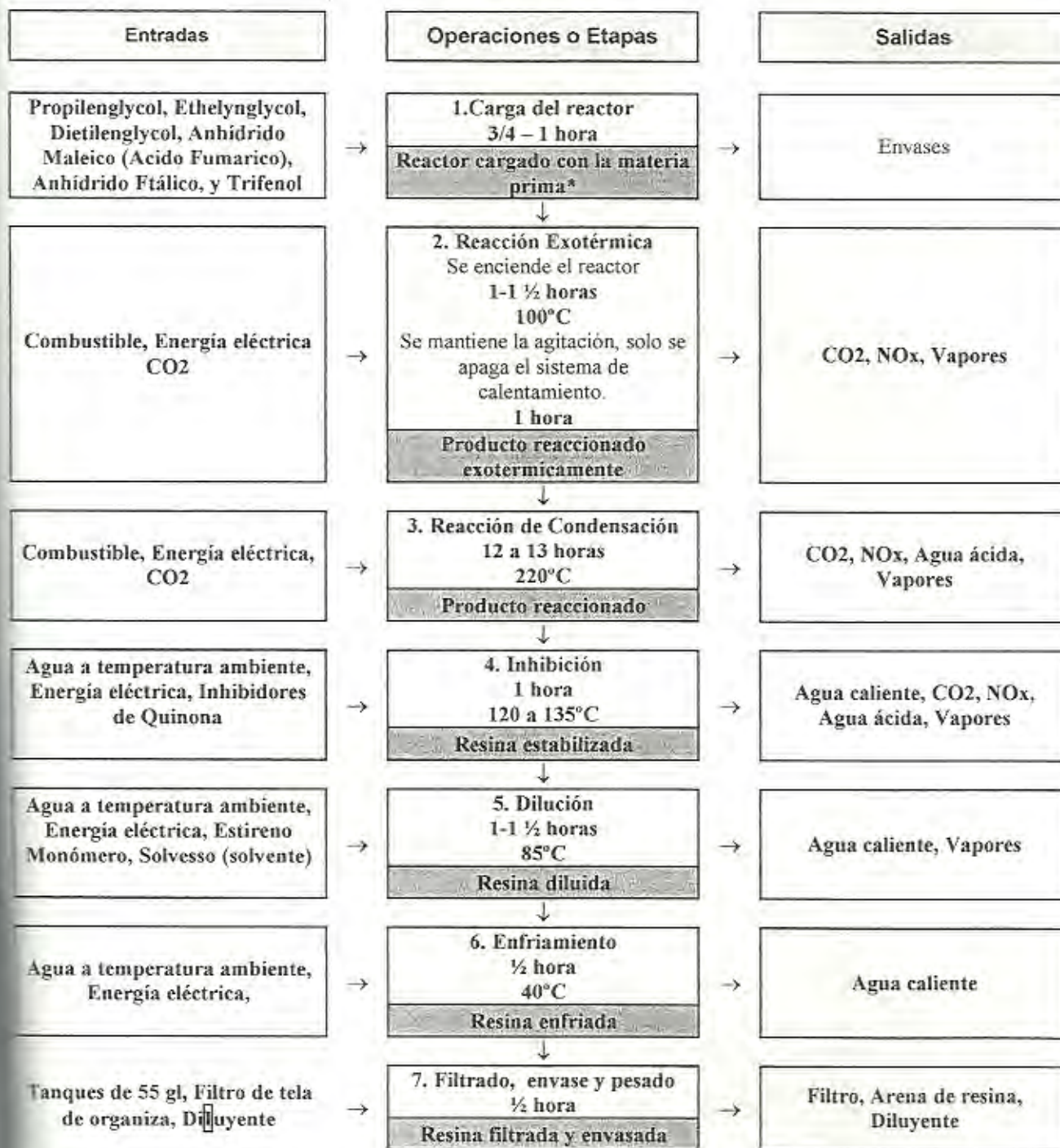
## 5.2. Recomendaciones

En el caso de estudio 1 se ha recomendado la utilización de recursos existentes en la empresa tal como un tanque de acero con capacidad para 3000 kg, que permitiría, realizar el enfriamiento del producto fuera del reactor.

Se recomienda realizar el diseño de una planta tomando en cuenta el proyecto de aplicación de la capacidad de producción instalada de la empresa.

Otra recomendación muy importante es establecer un plan de entrenamiento continuo principalmente para los operarios, de tal forma que se mejoren las condiciones de operación de las actividades productiva optimizando el tiempo, los recursos y fundamentalmente salvaguardando la integridad de los operarios.

## ANEXO I PROCESO DETALLADO DE PRODUCCIÓN DE RESINA POLIÉSTER INSATURADA



**ANEXO II**  
**ANÁLISIS DE LAS ENTRADAS EN LOS PROCESOS**

Nº	Materias primas, insumos y auxiliares	(A) Cantidad anual	Unidad	(B) Costo Unitario (US\$/ unidad)	(A*B) Costo Total Anual (US\$)	Finalidad de utilización	Tipo de Embalaje
1.	Propilenglycol	5600	KG	1.85	10360	Producción	Tambores 210 Kg
2.	Dietilenglycol	400	KG	1.38	552	Producción	Tambores 234 Kg
3.	Ethelenglycol	4978	KG	1.06	5276	Producción	Tambores 234 Kg
4.	Anhídrido Maleico	4300	KG	2.50	10750	Producción	Funda 25 Kg
5.	Anhídrido Ftálico	13000	KG	1.40	18200	Producción	Funda 25 Kg
6.	Estireno Monómero	14500	KG	2.05	29725	Producción	Tambores 210/186 Kg
7.	MEK Peróxido	1100	KG	3.20	3520	Producción	Canecas 30 Kg.
8.	Solvesso	1100	KG	1.69	1859	Producción	Tambores 180 Kg
9.	Envases de Metal	200	Tamb.	5	1000	Envase	-

**ANEXO III  
EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES**

Nombre de la Empresa: PYXIS		Proceso: FABRICACION DE RESINA POLIESTER											
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS					Probabilidad (P)	Relevancia del Impacto. I = Sv x P	Existe Requisito Legal? 0-No 5-Si	Existen Medidas para Adecuación? 0-Si 4- No, pero se cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R = I+RL +MC	Prioridad	Medidas para Adecuación
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire	Inconformidad a partes interesadas							
1	Emisiones atmosféricas (S)	0	0	0	2	2	2	8	5	3	15	3	CHIMENEA / SELLOS DEL REACTOR
2	Agua acida (residual industrial) (S)	0	3	0	0	3	3	18	5	3	26	1	PLANTA DE TRATAMIENTO AR
3	Arena de resina (S)	0	0	2	0	2	1	04	5	6	15	4	ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA
4	Agua de piscina de enfriamiento (S)	3	0	0	0	0	3	03	0	0	03	6	TAPAR LA PISCINA
5	Propilenglycol (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
6	Ethilenglycol (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
7	Diethylenglycol (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
8	Estireno Monómero (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
9	Anhidrido Ftálico (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
10	Anhidrido Maleico (E)	3	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
11	Hidroquinonas (E)	1	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
12	Trifenol (E)	1	0	0	0	0	2	06	5	3	14	3	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO
13	Agua de uso Sanitario (S)	4	0	0	0	0	3	12	0	0	12	4	PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS
14	Energía eléctrica (E)	2	0	0	0	0	3	06	0	0	6	5	SISTEMA ALTERNO DE ENFRIAMIENTO
15	Solvesso (E)	3	0	0	3	0	2	11	5	4	20	2	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO / PLANTA DE TRATAMIENTO

**ANEXO V  
BALANCE DE MATERIALES**

Período y referencia de realización de la evaluación:

Un lote de Resina poliéster insaturada

ENTRADAS			PROCESO PRODUCTIVO	SALIDAS		
Materias primas, insumos y auxiliares	Agua	Energía	Etapas	Efluentes Líquidos	Residuos Sólidos	Emisiones Atmosféricas
1 Propilenglycol, 2 Ethelynglycol, 3 Acido Fumarico, 4 Estierno Monómero, 5 Anhídrido Ftálico, y 6 Trifenol			1. Carga del reactor		1: 0.85 Tambor 210 Kg, 2: 0.70 Tambor 234 Kg 3: 1.66 Tambor 210 Kg 4: 1.88 Tambor 186 Kg 5: 18.92 Fundas de 25 Kg	
			Reactor cargado con la materia prima*			
7 CO2		Combustible, Energía eléctrica	2. Reacción Exotérmica			CO2, NOx Vapores
			Producto reaccionado exotermicamente*			
7 CO2	Agua a temperatura ambiente*	Combustible, Energía eléctrica	3. Reacción de Condensación			CO2, NOx Vapores
			Producto reaccionado			
8 Inhibidores de Quinona	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	4. Inhibición	Agua ácida.		CO2, NOx Vapores
			Resina estabilizada*			
4 Estireno Monómero, 9 Solvesso (solvente)	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	5. Dilución			Vapores
			Resina diluida*			
	Agua a temperatura ambiente*	Energía eléctrica	6. Enfriamiento			
			Resina enfriada*			
Tanques de 55 gl, Filtro de tela de organiza, Diluyente			7. Filtrado y envase		Arena de resina	
			Resina filtrada y envasada*			

SUBTOTAL						
Propilenglicol 179.25 KG Ethelyenglicol 166 KG Anhídrido Fumárico 185.5 KG Anhídrido Ftálico 473.5 KG Estireno Monómero 350 KG Hidroquinona 0.186 KG Trifenol 0.035 KG Solvesso 12 KG	*14 m <sup>2</sup> de agua para recirculación en la etapa de enfriamiento	\$6USD por combustible \$8.31 USD por energía eléctrica		0.087 m <sup>2</sup> de agua acida producto de la condensación y recuperación del xileno en la etapa de inhibición.		
PRODUCTOS						
			<b>Suma de los productos</b>	<b>Resina Poliéster insaturada 1223 KG</b>		
TOTAL						
<b>Suma total de entradas</b>			<b>Suma total de salidas</b>		<b>Diferencia</b>	
Materias primas 1366.49 kg.			Agua acida 87 Kg Arena de resina 0.25 Kg		Se evapora y se queda en el reactor 56.24 Kg.	

### Resumen de la memoria de cálculo

- 1: 0.85 Tambor 210 Kg,
- 2: 0.70 Tambor 234 Kg
- 3: 1.66 Tambor 210 Kg
- 4: 1.88 Tambor 18 Kg
- 5: 18.92 Fundas de 25 Kg
- Bomba 2.24 Kwh por 16 horas Kwh/hora 0.12 USD > 4.30 USD
- Motor 1.86 Kwh 18 horas Kwh/hora 0.12 USD > 4.01 USD



**ANEXO VI  
EVALUACIÓN DE LOS DATOS**

<b>Etapas del proceso o área de la Empresa</b>	<b>Oportunidad o problema</b>	<b>Acciones a ser adoptadas</b>	<b>Barreras y /o necesidades</b>
ETAPAS 2 Y 3	NO CUMPLIR CON LA REGULACION / PROPAGACION DE VAPORES	CHIMENEA / SELLOS DEL REACTOR	ECONOMICO
REACCION DE CONDENSACION	NO CUMPLIR CON LA REGULACION	PLANTA DE TRATAMIENTO AR	ECONOMICO
CARGA DEL REACTOR	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO/ HIGIENIZACION DE MATERIALES AUXILIARES	ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA/LIMPIEZA DE RECIPIENTES Y DEL REACTOR/ UTILIZACION DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD FISICA	CAMBIOS OPERACIONALES
ENFRIAMIENTO	REALIZAR EL ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO MAS RAPIDO/ PERDIDA DE 4M <sup>3</sup> DE AGUA POR MES	TAPAR LA PISCINA	CAMBIOS OPERACIONALES
CARGA DEL REACTOR	MEJORAR EL SISTEMA DE DESCARGA DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EL REACTOR	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO	CAMBIOS OPERACIONALES/ ECONOMICO
LIMPIEZA E HIGIENE	AHORRO DE AGUA, EDUCACIÓN Y CONCIERTIZACION DEL PERSONAL	PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS	CAMBIOS OPERACIONALES
ETAPAS DE LA 2 A LA 4	EDUCACIÓN Y CONCIERTIZACION DEL PERSONAL	SISTEMA ALTERNO DE ENFRIAMIENTO	ECONOMICO
REACCION DE CONDENSACIÓN	TRATAMIENTO DEL AGUA PROVENIENTE DE LA CONDENSACION Y RECUPERACION DEL SOLVESCO	SISTEMA DE CARGA DEL REACTOR/ BUENAS PRACTICAS DE TRABAJO / PLANTA DE TRATAMIENTO/ REVISION DEL SISTEMA DE CONDENSACIÓN	CAMBIOS OPERACIONALES/ ECONOMICO

**ANEXO VII**  
**FICHA DE LOS PRINCIPALES INDICADORES**

<b>FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES</b>		
<b>NOMBRE DEL INDICADOR:</b>	Consumo de materia prima por lote de producción	
<b>Descripción y objetivo del indicador ambiental</b>		
<p>Indicador relativo, unidad de medida Kg / L</p> <p>En las etapas de carga del reactor con materias primas</p> <p>El objetivo de la selección de este indicador, es la minimizar la pérdida de materias primas por el vaciado de estas en el reactor e implementar buenas practicas de manufactura.</p>		
<b>Cambios realizados para mejorar el índice del indicador</b>		
<p>Instalar un sistema de carga de la materia primas utilizando una bomba manual para elevar el flujo de estas hasta el reactor</p>		
<b>Clasificación y desarrollo de la base de datos</b>		
<p>La empresa cuenta con los registros de las ordenes de producción, en las que se detallan los pesos de las diferentes materias primas utilizadas para la producción de la resina poliéster</p> <p>No obstante es necesario elaborar una hoja de control para anotar las mediciones.</p>		
<b>Determinación de los recursos necesarios</b>		
<p>Personal</p> <p>Balanza</p> <p>Pinza</p>		
<b>Determinación de los factores de conversión</b>		
<p>Las unidades de medición para este indicador son Kg y es la unidad utilizada tanto para medir el lote de producción como para vender el producto terminado (resina poliéster)</p>		
<b>Definición de la frecuencia, periodo y parámetros para la recopilación de datos</b>		
<p>Unidad: Lote de producción</p> <p>Frecuencia: Cada seis lotes de producción que es el promedio mensual de lotes producidos en la empresa</p> <p>Parámetro: Kg</p>		
<b>Parámetro</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Período de la evaluación</b>
Materias primas	Cada seis lotes de producción que es el promedio mensual de lotes producidos en la empresa	Lote de producción
<b>Responsable por la evaluación:</b> Sr. Teófilo Coches		
<b>Por:</b> Jefe de Producción		<b>Fecha:</b> Julio de 2005

**FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES**

**NOMBRE DEL INDICADOR:** Consumo de energía por lote

**Descripción y objetivo del indicador ambiental**

Indicador relativo, unidad de medida Kwh

Las etapas 2, 3, 4, 5 y 6

El objetivo de este indicador, es de evaluar y minimizar el consumo de energía eléctrica

**Cambios realizados para mejorar el índice del indicador**

Diseñar un sistema de enfriamiento paralelo que sirva para enfriar en menos tiempo el producto y que a la vez permita realizar una ampliación de la capacidad de producción de resina poliéster de la empresa

**Clasificación y desarrollo de la base de datos**

Es necesario elaborar una hoja de control para anotar las mediciones.

**Determinación de los recursos necesarios**

Personal

**Determinación de los factores de conversión**

Las unidades de medición para este indicador son Kwh.

**Definición de la frecuencia, periodo y parámetros para la recopilación de datos**

Periodo: Lote de producción

Frecuencia: Cada seis lotes de producción que es el promedio mensual de lotes producidos en la empresa

Parámetro: Kwh.

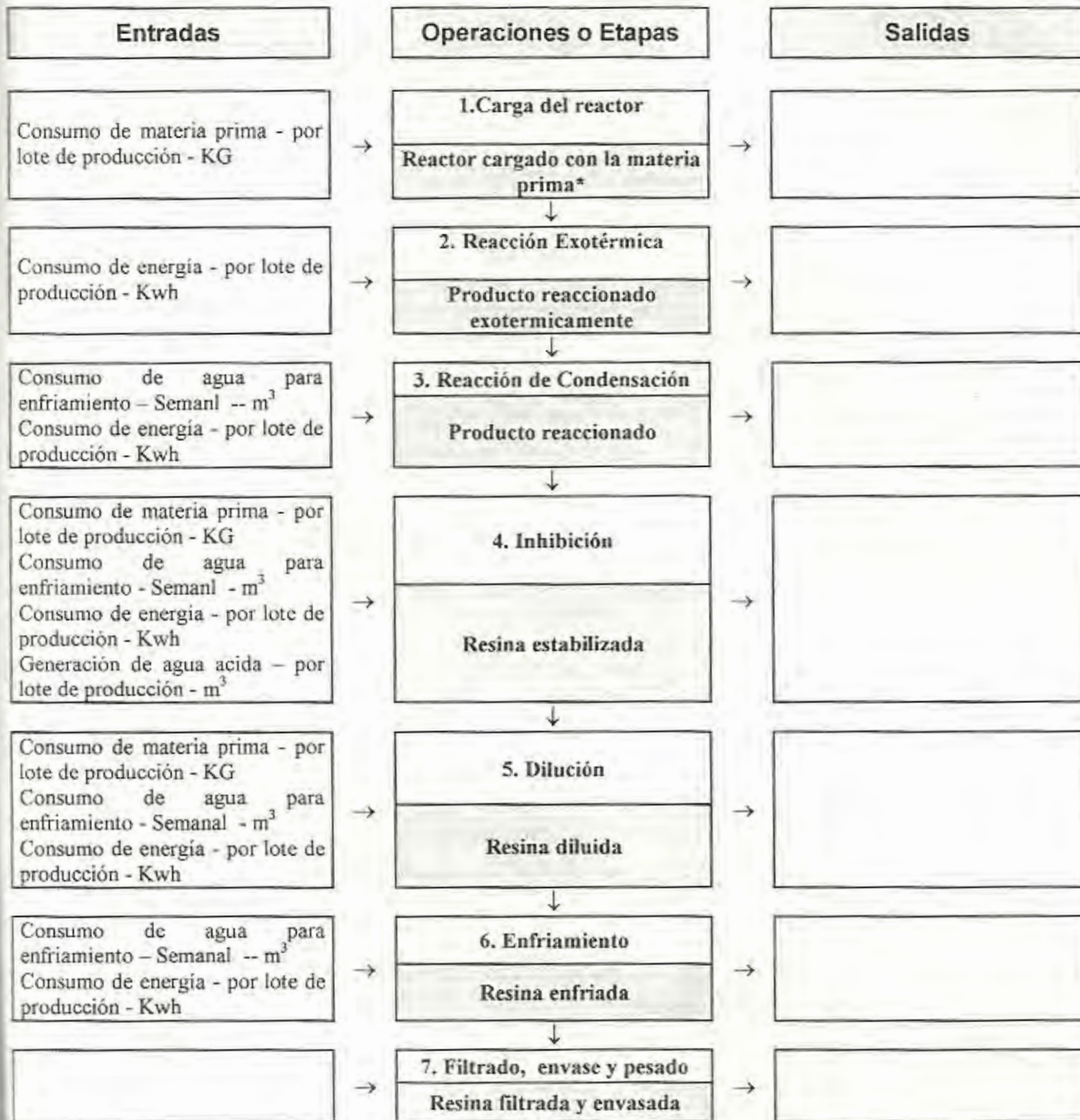
Parámetro	Frecuencia	Período de la evaluación
Kwh de energía eléctrica utilizada	Cada seis lotes de producción que es el promedio mensual de lotes producidos en la empresa	Lote de producción

**Responsable por la evaluación:** Sr. Teófilo Coches

**Cargo:** Jefe de Producción

**Fecha:** Julio de 2005

## ANEXO VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



El indicador costo de tratamiento de la materia prima se monitoreará en el proceso de la planta de tratamiento que se diseñe cuando esta sea implementada

Para todos los demás indicadores la frecuencia de medición es cada seis lotes producidos, y para el consumo de agua una vez al mes.

**ANEXO IX  
PLAN DE MONITOREO**

<b>FICHA DEL PLAN DE MONITOREO</b>				
<b>1. METODOLOGÍA DE LAS EVALUACIONES</b>				
<p>Pesar cada una de las materias primas en las diferentes etapas que estas son agregadas. Medir el nivel de llenado en la piscina que reserva el agua utilizada en el proceso para el enfriamiento al inicio de la semana y al final de esta.</p> <p>Medir el tiempo de encendido del motor y de la bomba para el sistema de enfriamiento y agitación respectivamente.</p> <p>Pesar el residuo generado luego que la resina de un lote es filtrada</p> <p>Pesar el efluente generado por la etapa de inhibición</p> <p>Contabilizar todos los recursos utilizados para el tratamiento del agua ácida (efluente) y dividirlo para los metros cúbicos tratados en el periodo que se estime en el caso de diseño de la PTAR.</p> <p>Todas las mediciones deben ser anotadas en la hoja de control respectiva</p>				
<b>2. RECURSOS NECESARIOS</b>				
Personal Balanza Caneca Hojas de control				
<b>3. DEFINICIÓN DE LA FRECUENCIA PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS</b>				
Parámetro	Unidad	Punto de la evaluación	Frecuencia	Período
Consumo de materia prima por Lote	kg/kg	Etapas: 1, 2 y 5	Cada seis lotes de producción	Lote de producción
Consumo de agua para enfriamiento por semana	m <sup>3</sup> /sem	Etapas: 3, 4, 5 y 6	Cada cuatro semanas	Semana
Consumo de energía por Lote	KWh/L	Etapas: 2, 3, 4, 5 y 6	Cada seis lotes de producción	Lote de producción
Generación de arena de resina por Lote	kg/L	Etapas: 7	Cada seis lotes de producción	Lote de producción
Generación de agua ácida por Lote	m <sup>3</sup> /L	Etapas: 4	Cada seis lotes de producción	Lote de producción
Costo de tratamiento del agua ácida	US\$/m <sup>3</sup>	Al final del tratamiento	Cada seis lotes de producción	Cada seis lotes de producción
<b>Responsable por la evaluación:</b>		<b>Sr. Teófilo Coches</b>		
<b>Cargo:</b>	<b>Jefe de Producción</b>		<b>Fecha:</b>	<b>Julio de 2005</b>

**ANEXO X**  
**ANALISIS ECONÓMICO DEL CASO DE ESTUDIO SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

FLUJO DE CAJA OPERATIVO				
INGRESOS OPERATIVOS	AÑOS			
	0	1	2	3
Disponibilidad del reactor		422	422	422
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		422	422	422

EGRESOS OPERATIVOS				
Energía y combustible		12,91	12,91	12,91
Inversión	230	0	0	0
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	230	12,91	12,91	12,91

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-230	409,09	409,09	409,09
----------------------------	------	--------	--------	--------

FLUJO DE CAJA FINANCIERO				
Ingreso por préstamo	250	0	0	0
Pago de capital	0	76,3	83,1	90,6
Pago de interés	0	22,5	15,6	8,2
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	250	98,76	98,76	98,76

<b>TOTAL F/C FINAL</b>	20	310,33	310,33	310,33
------------------------	----	--------	--------	--------

RESUMEN DE LOS FLUJOS DE CAJA				
-------------------------------	--	--	--	--

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-230	409,09	409,09	409,09
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	250	98,76	98,76	98,76
<b>TOTAL F/C FINAL</b>	20	310,33	310,33	310,33

Costo de oportunidad	25%
Valor Actual Neto	\$ 568,54
Tasa Interna de Retorno	168,70%

Flujo Operativo

Tabla de amortización	Recuperación del Capital					
	Capital	Interés	Dividendo	Saldo	VA FCO	ACUM. VA FCO
Año 0	0	0	0	250	0	0
Año 1	76,3	22,5	98,76	173,74	\$ 327,27	\$ 327,27
Año 2	83,1	15,6	98,76	90,6166	\$ 589,09	\$ 916,36
Año 3	90,6	8,2	98,76	0	\$ 798,54	\$ 1.714,91

**ANEXO XI**  
**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CASO DE ESTUDIO DISEÑO DE UNA PLANTA**  
**DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

FLUJO DE CAJA OPERATIVO				
INGRESOS OPERATIVOS	AÑOS			
	0	1	2	3
Continuidad de la producción		16848	16848	16848
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		16848	16848	16848

EGRESOS OPERATIVOS				
Mantenimiento de la PTAR		1200	1200	1200
Inversión	1750	0	0	0
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	1750	1200	1200	1200

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-1750	15648	15648	15648
----------------------------	-------	-------	-------	-------

FLUJO DE CAJA FINANCIERO				
Ingreso por préstamo	1800	0	0	0
Pago de capital	0	549,1	598,5	652,4
Pago de interés	0	162,0	112,6	58,7
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	1800	711,10	711,10	711,10

<b>TOTAL F/C FINAL</b>	50	14936,9	14936,9	14936,9
------------------------	----	---------	---------	---------

RESUMEN DE LOS FLUJOS DE CAJA				
-------------------------------	--	--	--	--

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-1750	15648	15648	15648
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	1800	711,098563	711,098563	711,098563
<b>TOTAL F/C FINAL</b>	50	14936,9014	14936,9014	14936,9014

Costo de oportunidad	25%	
Valor Actual Neto	\$ 28.794,90	
Tasa Interna de Retorno	893,26%	Flujo Operativo

Tabla de amortización	Recuperación del Capital					
	Capital	Interés	Dividendo	Saldo	VA FCO	ACUM. VA FCO
Año 0	0	0	0	1800	0	0
Año 1	549,1	162,0	\$ 711,10	1250,90144	\$ 12.518,40	\$ 12.518,40
Año 2	598,5	112,6	\$ 711,10	652,384003	\$ 22.533,12	\$ 35.051,52
Año 3	652,4	58,7	\$ 711,10	0	\$ 30.544,90	\$ 65.596,42

**ANEXO XII**  
**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CASO DE ESTUDIO SISTEMA DE CARGA DE**  
**LAS MATERIAS PRIMAS EN EL REACTOR**

FLUJO DE CAJA OPERATIVO				
INGRESOS OPERATIVOS	AÑOS			
	0	1	2	3
Recuperación de materia prima		11,28	11,28	11,28
Saludo ocupacional		2880	2880	2880
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		2891,28	2891,28	2891,28

EGRESOS OPERATIVOS				
Pago a operarios		180	180	180
Inversión	155	0	0	0
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	155	180	180	180

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-155	2711,28	2711,28	2711,28
----------------------------	------	---------	---------	---------

FLUJO DE CAJA FINANCIERO				
Ingreso por préstamo	160	0	0	0
Pago de capital	0	48,8	53,2	58,0
Pago de interés	0	14,4	10,0	5,2
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	160	63,21	63,21	63,21

<b>TOTAL F/C FINAL</b>	5	2648,1	2648,1	2648,1
------------------------	---	--------	--------	--------

RESUMEN DE LOS FLUJOS DE CAJA				
-------------------------------	--	--	--	--

<b>TOTAL F/C OPERATIVO</b>	-155	2711,28	2711,28	2711,28
<b>TOTAL F/C FINANCIERO</b>	160	63,21	63,21	63,21
<b>TOTAL F/C FINAL</b>	5	2648,07124	2648,07124	2648,07124

Costo de oportunidad	25%
Valor Actual Neto	\$ 5.447,42
Tasa Interna de Retorno	1748,94%

Flujo Operativo

Tabla de amortización	Recuperación del Capital					
	Capital	Interés	Dividendo	Saldo	VA FCO	ACUM. VA FCO
Año 0	0	0	0	160	0	0
Año 1	48,8	14,4	\$ 63,21	111,19	\$ 2.169,02	\$ 2.169,02
Año 2	53,2	10,0	\$ 63,21	57,99	\$ 3.904,24	\$ 6.073,27
Año 3	58,0	5,2	\$ 63,21	0	\$ 5.292,42	\$ 11.365,69



## BIBLIOGRAFÍA

1. Richardson E., y Lokensgard T., (2003), Industria del Plástico. Plástico Industrial, España.
2. Gómez Antón M., y Gil Bercero J, (1997), Los Plásticos y el Tratamiento de sus Residuos, España.
3. Vega De Kuyper J., (2000), Manejo de residuos de la industria química, México.