

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Propuesta de un plan de gestión ambiental para una empresa dedicada al reciclaje de  
botellas de PET.**

Proyecto de graduación sometido a la consideración de la Escuela de Ingeniería Química  
como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química.

Jorge Miguel Fernández Carreras

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro 2015

Propuesta de un plan de gestión ambiental para una empresa dedicada al reciclaje de botellas de PET.

Proyecto de graduación presentado ante la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Química.

Sustentante: Jorge Miguel Fernández Carreras

### COMITÉ ASESOR

Ing. Esteban Durán Herrera, Ph.D

Presidente

Escuela Ingeniería Química UCR



---

Presidente del Tribunal

Ing. Alejandra Araya Alfaro.

Profesora

Escuela Ingeniería Química UCR



---

Directora del Proyecto de Graduación

Ing. Maureen Córdoba Pérez

Profesora

Escuela Ingeniería Química UCR



---

Miembro Lector

Ing. Mariela Gómez Jiménez, M.Sc.

Empresa a la que se le propone el PGA



---

Miembro Lector

Ing. Jenny Calderón Castro

Profesora

Escuela Ingeniería Química UCR



---

Lector Invitado

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro 2015

## **DEDICATORIA**

Le dedico este documento a mi familia, el timón del cohete que me conduce a alcanzar los  
sueños.

## AGRADECIMIENTOS

A mis papas por el apoyo total desde el principio, por el esfuerzo, pero sobre todo por ser un gran ejemplo en mi vida. A mi hermano y a la vez mejor amigo, por estar ahí durante los buenos y malos momentos. A mis abuelos por sus consejos siempre acertados y demás familiares por todo el empuje.

Gracias al presidente de la empresa por abrirme las puertas y darme la oportunidad de aportar. A la ingeniera Mariela Gómez por compartir su conocimiento y experiencia, además de guiarme durante todo el proceso.

A la profesora Alejandra Araya Alfaro, Maureen Córdoba y a los demás profesores que me acompañaron a lo largo de la carrera por transmitir con tanto entusiasmo el conocimiento.

A todos mis amigos de la U por hacer que esta etapa fuera divertida.

## RESUMEN

El presente documento es el resultado final de una propuesta para un Plan de Gestión Ambiental (PGA), hecha a una planta de reciclaje de PET para obtener pellets de PET reciclado (rPET), con el propósito de que la empresa opere de forma sostenible con el ambiente.

Se realiza una investigación bibliográfica sobre la gestión ambiental y los diferentes métodos para revalorizar el plástico PET. Basándose en manuales de los equipos e información suministrada por la empresa, se crea una descripción detallada del proceso. Esta abarca desde la recepción de la materia prima hasta la disposición de los pellets de rPET.

Se confecciona una matriz de requisitos legales en el campo medioambiental para que la empresa pueda operar en nuestro país, esto con el propósito de contar con un conjunto de requerimientos básicos que debe tomar en cuenta el PGA. Se estudia las actividades de la empresa en sus fases constructiva y operativa para así detectar los aspectos e impactos ambientales del proyecto. Se describe detalladamente cada una de estas etapas y se identifican las actividades perjudiciales al medio ambiente.

Se crea una metodología para la evaluación de los aspectos, basada en la probabilidad, severidad, frecuencia, control y percepción pública de los aspectos e impactos ambientales. La matriz de evaluación de aspectos e impactos es el instrumento para determinar cuáles serán significativos.

El impacto en la puesta en marcha de esta empresa se ve disminuido porque se operará en una antigua planta, sin embargo en esta etapa se encontraron algunos aspectos significativos que requieren acciones, tal es el caso del movimiento de tierra, uso de camiones y maquinaria en general y la generación de residuos ordinarios, especiales y peligros.

Se crea un plan de acción para mitigar los aspectos e impactos significativos, el cual cuenta con objetivos, metas y actividades ambientales. Al ser una empresa nueva las metas en el

plan de acción no se comparan con el pasado, si no que se quiere contar con un precedente para futuros planes ambientales. El periodo de implementación de este PGA será de seis meses.

La mayoría de los impactos encontrados son relacionados a la generación de desechos sólidos y líquidos, Para mitigar estos impactos se crea un Plan de manejo de desechos sólidos y otro para líquidos. Para tratar los residuos sólidos se especifica la disposición final de cada uno, mientras que para los desechos líquidos se describe la planta de tratamiento a utilizar.

Se estiman los costos del PGA basado en información suministrada por la empresa y se crea una matriz de costos para el cálculo del costo total del plan. Se estima un costo total para el plan de \$259,387.70. Se explican las ventajas que disfrutará la empresa al contar con este plan.

## INDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Justificación del proyecto.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Delimitación del problema.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
<b>1.3 Limitaciones del proyecto .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Alcances del proyecto .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Gestión ambiental.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Teoría de Sistemas.....	5
2.1.2 Sistema de gestión ambiental (SGA).....	5
2.1.3 Plan de Gestión Ambiental (PGA) .....	8
<b>2.2 PET y métodos para reciclaje.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Clasificación.....	13
2.2.2 Propiedades de los polímeros .....	14
2.2.3 Polientilenterftalato (PET).....	15
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO IV. MARCO LEGAL.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Cumplimiento de la empresa.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Legislación costarricense para planes de gestión ambiental.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Legislación sobre plan de manejo de desechos.....</b>	<b>27</b>
4.3.1 Desechos sólidos.....	28
4.3.2 Desechos Líquidos.....	32
<b>CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU PROCESO PRODUCTIVO.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Características de la empresa .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Descripción del proceso productivo. ....</b>	<b>38</b>
5.2.1 Recepción de la materia prima .....	38
5.2.2 Línea de hojuelas .....	39

Alimentación a la línea de hojuelas .....	39
Prelavado en caliente .....	41
Selección de las botellas .....	42
Molienda en húmedo.....	43
Tratamiento del agua del molino.....	43
Lavado en caliente.....	44
Enjuague y separación por flotación.....	46
Secado.....	47
Elutriador .....	48
Selector automático.....	49
Estación de llenado .....	50
5.2.3 Línea de resina .....	51
Estación de llenado .....	51
Secadores precristalizadores (KT) .....	51
Reactor de repolimerización .....	52
Sistema de extrusión .....	52
Sistema de filtración .....	53
Peletizado .....	53
Cristalizador.....	54
Tamizador.....	54
Empaque .....	54
<b>CAPÍTULO VI. ESTADO CERO DEL PROYECTO E IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>55</b>
6.1 Identificación de aspectos e impactos en la etapa de “puesta en marcha” .....	57
6.2 Identificación de aspectos e impactos en la operación.....	59
6.2.1 Desechos sólidos dentro de la operación.....	64
6.2.2 Desechos líquidos dentro de la operación.....	68
<b>CAPÍTULO VII. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES ENCONTRADOS.....</b>	<b>71</b>
7.1 Resultado de la matriz de significancia ambiental.....	71
7.1.1 Impactos significativos en la etapa de “puesta en marcha” .....	71



7.1.2	Impactos significativos en la operación de la planta .....	73
<b>CAPÍTULO VIII. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL .....</b>		<b>77</b>
<b>8.1</b>	<b>Plan de manejo de desechos sólidos. ....</b>	<b>79</b>
8.1.1	Manejo interno de los residuos sólidos generados. ....	79
8.1.2	Almacenamiento.....	80
8.1.3	Disposición final de los residuos.....	81
8.1.4	Transporte.....	82
8.1.5	Sistema de tratamiento.....	83
8.1.6	Estrategia de organización.....	83
8.1.7	Consideraciones generales del plan de manejo de desechos sólidos. ....	87
<b>8.2</b>	<b>Plan de manejo de desechos líquidos. ....</b>	<b>87</b>
8.2.1	Manejo interno de los residuos sólidos generados .....	87
8.2.2	Disposición final de los residuos .....	87
8.2.3	Sistema de tratamiento de aguas.....	87
	<b>Sistema de tratamiento de aguas del proceso.....</b>	<b>88</b>
	<b>Sistema de tratamiento de aguas de tipo ordinaria. ....</b>	<b>89</b>
8.2.4	Reportes operacionales presentados .....	89
8.2.5	Estrategias de organización .....	90
	<b>Proceso interno de manejo y control.....</b>	<b>90</b>
	<b>Responsables .....</b>	<b>90</b>
	<b>Periodo de implementación.....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO IX. ESTIMACIÓN DE COSTOS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL. ....</b>		<b>93</b>
<b>CAPÍTULO X. CONCLUSIONES.....</b>		<b>99</b>
<b>CAPÍTULO XI. RECOMENDACIONES .....</b>		<b>101</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Máximo permitido y frecuencias de muestreos de los parámetros de aguas residuales de acuerdo a las características del proceso en estudio.....	33
Cuadro 6.1. Residuos sólidos ordinarios y especiales. ....	65
Cuadro 6.1 (continuación). Residuos sólidos ordinarios y especiales. ....	66
Cuadro 6.1 (continuación). Residuos sólidos ordinarios y especiales. ....	67
Cuadro 8.1. Cronograma de actividades para mitigar aspectos ambientales generales. ....	79
Cuadro 8.2. Disposición final de los residuos sólidos. ....	81
Cuadro 8.2 (continuación). Disposición final de los residuos sólidos. ....	82
Cuadro 8.3. Acciones para mitigar los impactos de los aspectos significativos en materia de desechos sólidos. ....	84
Cuadro 8.3. (Continuación) Acciones para mitigar los impactos de los aspectos significativos en materia de desechos sólidos. ....	85
Cuadro 8.4. Cronograma de actividades del Plan de Manejo de Desechos Sólidos. ....	86
Cuadro 8.5. Acciones correctivas de los aspectos significativos dentro del Plan de Manejo de Desechos Líquidos. ....	91
Cuadro 9.1. Resumen de gastos fijos y periódicos del PGA. ....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Códigos para identificar y separar polímeros reciclables. Tomado de: (Proceso de reciclaje del PET, 2011) .....	17
Figura 4.1. Esquema de la jerarquía del ordenamiento jurídico ambiental.....	25
Figura 5.1. Estructura Organizativa centrada en la gestión ambiental.....	36
Figura 5.2. Diagrama de equipo para la alimentación de botellas las plásticas al proceso. 40	
Figura 5.3 Diagrama de equipo para el prelavado en caliente. ....	41
Figura 5.4 Diagrama de equipo de selección manual de botellas. ....	42
Figura 5.5. Diagrama de equipo de molienda en húmedo.....	43
Figura 5.6. Diagrama de equipo de tratamiento de agua del molino.....	44
Figura 5.7. Diagrama de equipo para lavado en caliente. ....	46
Figura 5.8. Diagrama de tanque para separación por flotación.....	47
Figura 5.9. Diagrama de equipo de secado. ....	48
Figura 5.10. Diagrama de elutriador. ....	49
Figura 5.11. Diagrama de clasificador de hojuelas por color.....	50
Figura 5.12 Diagrama de estación de empaque en bolsas grandes. ....	50
Figura 5.13. Descripción del proceso de repolimerización del PET.....	53

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación del proyecto

La necesidad de producir artículos para el consumo humano promueve la contaminación por parte de la industria si estas no siguen planes para la mitigación de sus impactos ambientales. Lo importante es producir con buenas prácticas que aseguren un desarrollo sostenible.

La creciente preocupación por la contaminación del medio ambiente ha provocado que la legislación sea cada vez más estricta en este tema y que las compañías que no se ajustan a estas normativas queden fuera de operación. En realidad, las empresas que mejor planifiquen y se preparen para estas regulaciones serán las que sobrevivan y prosperen.

Es conveniente entonces no sólo cumplir, si no ir más allá de la legislación y proponer nuevos mecanismos dentro de las empresas que logren armonizar la producción con el entorno que las rodea.

El plástico, por su gran cantidad de ventajas, ha venido a satisfacer las necesidades de muchos consumidores especialmente en el empaque. Dentro de estas ventajas se encuentran que son muy livianos y que impiden en gran porcentaje la transferencia de calor si se compara con el aluminio u otros metales.

El proceso productivo de la empresa, a la que se le propone el plan de gestión ambiental (PGA), consiste en la recuperación del plástico, partiendo de botellas de bebidas usadas y generando pellets con calidad hasta para ser utilizados en la industria alimentaria como botellas de refrescos. Esta actividad minimiza la contaminación por residuos sólidos en el país y ayuda a muchas otras empresas a cumplir con la Ley 8839 de Gestión Integral de Residuos, la cual las obliga a tratar los residuos generados por sus productos.

La aplicación del plan de gestión ambiental (PGA) hará que la empresa adopte un grupo de medidas y procedimientos que logren, no sólo combatir la contaminación ambiental, si no también evitarla antes de que se produzca. Con esto se conseguirá que el proceso

productivo mantenga un equilibrio ambiental adecuado y su impacto medioambiental mitigado.

Con la adopción de este plan la empresa será capaz de:

- Lograr una gestión ambiental de calidad.
- Ahorrar recursos.
- Tener una mayor eficiencia de sus operaciones y, por lo tanto ventajas financieras.
- Cumplir con la legislación medioambiental.
- Capacitar a todo el personal, con vista a minimizar los incumplimientos de la ley ambiental y evitar daños financieros.
- Lograr mayor competitividad en el mercado con sus productos, que le permita en un futuro obtener la certificación del sistema de gestión de la calidad.
- Alcanzar una excelente percepción ante autoridades públicas, clientes y comunidad en general.

## **1.2 Delimitación del problema**

1.2.1 Objetivo general: Proponer un plan de gestión ambiental para una planta recicladora de botellas de PET”

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Redactar Marco teórico sobre: Planes de Gestión Ambiental, legislación nacional sobre E.I.A. (SETENA y D1) y métodos industriales de reciclaje de PET.
- b) Hacer una descripción del proceso de producción que se implementará en la empresa, que incluya balance de masa y detalles de la operación.
- c) Describir el estado cero del proyecto e identificar aspectos e impactos ambientales significativos.
- d) Confeccionar una matriz de requisitos legales en el campo medioambiental.
- e) Diseñar un instrumento para identificar y jerarquizar los aspectos ambientales (matriz de significancia ambiental).
- f) Crear un plan de acción para reducir el impacto de los aspectos significativos.
- g) Estimar los costos que tendrá la implementación del plan de gestión.

### **1.3 Limitaciones del proyecto**

Se propondrá un Plan de Gestión Ambiental para la empresa, es decisión de esta su implementación. Se diseñará la estructura general del Plan de Gestión Ambiental, queda pendiente la ejecución del mismo.

Se plantearán los planes de manejo de desechos sólidos y líquidos, no se tomará en cuenta el plan de salud ocupacional ni el plan de emergencias.

### **1.4 Alcances del proyecto**

Con el desarrollo de este proyecto se pretende que la empresa opere de forma sostenible con el ambiente, además que la institución adquiera políticas medioambientales en toda su estructura organizativa.

Se identifican leyes, decretos o normas que la empresa tiene que cumplir en materia medioambiental. La empresa, además, podrá identificar sus aspectos e impactos que son ambientalmente significativos.

Se contará con planes de desechos sólidos y líquidos donde se plantean acciones para evitar o mitigar los impactos ambientales significativos.

Se contará con una estimación de los costos basado en cotizaciones que le entregaron a la empresa de estudio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Gestión ambiental

#### 2.1.1 Teoría de Sistemas

Para entender de mejor manera los sistemas de gestión ambiental es necesario estudiar algunos conceptos de la teoría de sistemas:

Un sistema se define como el conjunto de elementos interrelacionados entre sí, que existen dentro de un entorno. Los sistemas pueden clasificarse como más o menos abiertos, esto se determina por las relaciones que existan entre los elementos del sistema y su entorno. Los sistemas poco abiertos o cerrados tienden a desaparecer. La base de la supervivencia de cada sistema depende de su capacidad de adaptación a los cambios que ocurran en el entorno. Los sistemas pueden contener subsistemas y estos a su vez más de estos. Los sistemas tienen flujos de entrada y de salida. Estos se regularán para lograr corregir las desviaciones que impiden conseguir los objetivos. (Conesa, 2009)

Se entiende como fin, una imagen ideal que se tiene a largo plazo y se formula de manera abstracta y no es medible ni cuantificable. El objetivo es el estado específico y concreto de un aspecto del sistema que se pretende alcanzar, este es alcanzable a corto o mediano plazo, concreto y medible. La meta es la expresión cuantificada de los objetivos en términos de sujeto, cantidad y tiempo. (Conesa, 2009)

#### 2.1.2 Sistema de gestión ambiental (SGA)

La gestión implica la búsqueda de medios para alcanzar los objetivos. Aquí los empleados son un elemento esencial. (Pérez & Múñera, 2007)

Se entiende por gestión ambiental el proceso de gestionar actividades de la empresa que tienen, han tenido o pueden tener un impacto ambiental. (Madrigal, 2011)

La gestión medioambiental es el acto de estudiar el medio ambiente de una compañía y de desarrollar sistemas para controlar ese medio ambiente a fin de satisfacer sus necesidades, la de sus clientes, y las regulaciones. (Clements, 1997)

El sistema de gestión ambiental es un instrumento para que una empresa, dentro del marco de desarrollo sostenible, pueda alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente. Esto mediante el uso adecuado de los recursos naturales, así como una revisión constante de los posibles daños al ambiente que se puedan generar.

Para llevar a cabo un sistema de gestión ambiental (SGA) es importante prestar atención al Reglamento 761/2001 Sistema comunitario de Gestión y Auditoría Medioambiental (E.M.A.S.) y a la norma ISO 14001. La primera con alcance dentro de las organizaciones de la Unión Europea y la segunda con alcance internacional.

El E.M.A.S. tiene como objeto promover mejoras continuas del comportamiento medioambiental de todas las organizaciones europeas y la difusión pertinente al público y demás partes interesadas. Para lograr este objetivo E.M.A.S. busca el establecimiento y aplicación del SGA en las organizaciones, la evaluación objetiva y periódica de tales sistemas, la formación y participación activa del personal de las organizaciones y la información al público y otras partes interesadas. (Unión Europea, 2009)

El E.M.A.S. exige a toda organización que desee participar en el sistema las siguientes condiciones:

- Adoptar una política medioambiental en la que se definan los objetivos y principios de actuación de la organización con relación al medio ambiente.
- Efectuar un análisis medioambiental de sus actividades, productos y servicios.
- Aplicar un sistema de gestión medioambiental.
- Efectuar regularmente una auditoría medioambiental y hacer una declaración medioambiental, que incluirá una descripción de la organización y de sus actividades, productos y servicios; la política medioambiental y el sistema de gestión medioambiental de la organización; una descripción de sus impactos medioambientales y de los objetivos en relación con esos impactos; el comportamiento medioambiental de la organización y la fecha de la declaración. Dicha declaración deberá ser validada por un verificador medioambiental, cuyo nombre y número de acreditación deberán figurar en la declaración.



- Registrar la declaración validada en el organismo competente del Estado miembro.
- Poner la declaración a disposición del público. (Unión Europea, 2009)

La ISO 14000 es un intento de establecer una norma internacional voluntaria para la gestión medioambiental. La Organización Internacional para la Normalización (ISO) en Ginebra, Suiza existe con la intención de establecer normas industriales voluntarias para el comercio internacional. Las normas ISO tienen un uso bastante difundido ya que más de 90 países participan voluntariamente en la creación de estas. (Clements, 1997)

La norma ISO 14000 surge por la necesidad de diferenciar los productos que son de generación limpia y sostenible (llamados “productos verdes”) de los que más bien deterioran el medio ambiente. Esto pone en evidencia la existencia de mercados que requieren alguna certificación de que el bien que están comprando cuenta con una serie de requisitos que demuestre la calidad ambiental de estos.

El objetivo principal de la norma ISO 14000 consiste en promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protejan el medio ambiente, minimizando los efectos dañinos que puedan causar las actividades organizacionales. Los estándares que promueve la ISO 14000 están diseñados para proveer un modelo eficaz de “Sistemas de gestión Ambiental”, facilitar el desarrollo comercial; mediante el establecimiento de un lenguaje común en lo que se refiere al ambiente, y promover planes de gestión ambiental estratégicos en industria y gobierno. (Madrigal, 2011)

### 2.1.3 Plan de Gestión Ambiental (PGA)

El Plan de gestión ambiental consiste en la evaluación de los aspectos e impactos ambientales propios de una organización, así como el establecimiento de las metas y compromisos ambientales. (Minaet, 2008)

Estos planes son parte del sistema de gestión ambiental de la empresa y para que logren un control adecuado sobre todos los impactos ambientales en la compañía requieren del involucramiento de todos los miembros de la organización.

Lo más importante para llevar a cabo el PGA es concientizar a la empresa de la oportunidad que este representa para la mejora de sus productos y de su aceptación por parte de los consumidores, cada vez más exigentes en el tema medioambiental.

La gestión ambiental no se puede aislar de la gestión integral de la empresa. Es importante que las prácticas que se pongan en marcha, para mitigar los impactos, en el Plan de Gestión Ambiental, estén totalmente relacionadas con la filosofía de la empresa.

Una comunicación clara del PGA entre los diferentes departamentos resulta fundamental. El descubrimiento de una nueva normativa o requisito que pudiera afectar a otras personas dentro de la compañía debe ser comunicado. (Clements, 1997)

El manual de instrucciones para la elaboración de Planes de Gestión Ambiental en el sector público de Costa Rica propone los siguientes pasos:

Paso 1. Evaluación de la situación ambiental actual: Una vez definida la organización que va a ser objeto de la elaboración de un Plan de Gestión Ambiental, el encargado o responsable de su elaboración, quien en la medida de lo posible debe tener el apoyo de un pequeño equipo de funcionarios de esa organización, debe asumir la tarea de decidir exactamente qué asuntos ambientales deben tratarse y qué acciones serán necesarias para mantener controlados los aspectos ambientales de la organización. Este primer paso se le puede llamar identificación de aspectos e impactos ambientales. . (Minaet, 2008)

Un **aspecto ambiental** es un elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente; mientras que el **impacto ambiental** es cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales. (Inhobe, Sociedad pública de gestión ambiental, 2009)

Paso 2. Marco jurídico y definición de criterio de desempeño: Como base de referencia para determinar si los aspectos e impactos ambientales se encuentran en cumplimiento con las normas y estándares ambientales establecidos en la legislación vigente, deberá cotejar la situación ambiental particular e identificación para cada tema, respecto del marco jurídico ambiental que lo cubre. (Minaet, 2008)

Es importante que en la elaboración del PGA se tome en cuenta el Código de Buenas Prácticas y sus lineamientos ambientales. En nuestro país este código fue publicado mediante el Decreto Ejecutivo No. 32079 y es utilizado por la SETENA como base para definir compromisos ambientales de las actividades categoría C (bajo impacto ambiental) y agilizar el trámite de evaluación de estas actividades.

Paso 3. Objetivos y metas ambientales: Este paso consiste en establecer las medidas o acciones ambientales requeridas para contrarrestar las situaciones que perjudiquen al ambiente y definir objetivos y metas para su cumplimiento. (Minaet, 2008)

La organización definirá, según su capacidad de respuesta y la gravedad de los impactos negativos significativos detectados, las acciones necesarias para minimizar, mitigar, corregir o restaurar dichos impactos. (Minaet, 2008)

Las medidas ambientales pueden ser de corrección o reducción de un impacto ambiental que está ocurriendo. También puede ser de prevención, si el impacto todavía no ocurre; o bien, puede ser de mitigación o restauración si el impacto ya se ha dado. (Minaet, 2008)

Las medidas tomadas tendrán que ir de la mano con la realidad de la empresa, su capacidad y presupuesto, considerando la significancia de cada impacto ambiental y si existe alguna regulación nacional que lo afecte.

El objetivo ambiental se establece para cada aspecto e impacto ambiental o para un grupo de estos que estén relacionados. Se refiere a una acción general que tomará la organización para alcanzar un objetivo encaminado a la solución de una situación ambiental dada, en concordancia con el marco jurídico vigente y las medidas ambientales programadas. (Minaet, 2008)

La meta ambiental, por su parte, representa una serie de pasos intermedios que deben darse para alcanzar el objetivo planteado. La forma más sencilla de establecerla, es mediante la fijación de un logro y un plazo para concretarlo. (Minaet, 2008)

Paso 4. Plan de Gestión Ambiental: Un PGA completo deberá contener:

- a) Tema ambiental de referencia; por ejemplo: aire, agua, suelo, etc.
- b) Aspecto ambiental vinculado; por ejemplo: emisiones, vertidos, consumo de agua, uso del suelo, manejo de sustancias peligrosas, producción de residuos, etc.
- c) Impacto ambiental identificado según el aspecto ambiental; por ejemplo: contaminación del aire por emisiones de fuentes fijas, contaminación del agua subterránea por hidrocarburos, etc.
- d) Resultado de la valoración de importancia del impacto ambiental, por ejemplo: impacto muy alto, alto, moderado, bajo o muy bajo.
- e) Marco jurídico de referencia, sintetizando el marco jurídico principal que norma el aspecto e impacto ambiental en cuestión, ya sea ley, reglamento o, en su defecto, una guía ambiental sectorial aplicable.
- f) Estándar o lineamiento ambiental a cumplir según el marco jurídico vigente o, en su defecto, el parámetro de desempeño en caso de ausencia de marco jurídico (basado en lo indicado en el Paso 2).
- g) Medidas ambientales a cumplir (y que se anexan al Plan de Gestión Ambiental), ordenadas según el factor o tema ambiental de referencia.

- h) Plazo para la implementación de las medidas ambientales.
- i) Recursos humanos y financieros necesarios para la implementación de las medidas ambientales; señalando el costo de la inversión re-querida para cumplir con las medidas ambientales.
- j) Responsable en la organización de la aplicación de las medidas ambientales.
- k) Síntesis de los compromisos ambientales adquiridos por la organización, el plazo y la forma en que los efectuará para atender su situación ambiental y mejorar su desempeño ambiental; en cuanto al correspondiente factor o tema ambiental de referencia. (Minaet, 2008)

Paso 5. Implementación del PGA: Una vez realizada la evaluación ambiental de la organización, la identificación de sus aspectos e impactos ambientales significativos y el establecimiento de las medidas ambientales para su corrección, debe iniciarse la implementación de estas últimas de la manera más rápida posible. (Minaet, 2008)

La implementación debe darse con la rapidez que corresponda a la capacidad económica de la empresa. Existen dentro del plan acciones correctivas que tomarán tiempo en ejecutarse por los recursos económicos necesarios. Hay, sin embargo, medidas que son de bajo presupuesto o que no se necesitan del todo recursos. La correcta ejecución de estas medidas depende de mayor manera de la cultura dentro de la empresa, en donde se debe concientizar a los empleados de cualquier rango del impacto en el medio ambiente que pueden generar sus acciones. Para la implementación del PGA institucional deberá existir una persona que asuma la coordinación general y la supervisión de su cumplimiento. De igual manera, cada componente del PGA deberá contar con responsables de su aplicación y seguimiento. (Minaet, 2008)

Paso 6. Plazos y compromisos ambientales: Tal y como se ha mencionado previamente, y de acuerdo con lo que señala el reglamento, el plazo para la implementación de las medidas ambientales y el cumplimiento de los compromisos se establecerá según criterios de racionalidad y lógica. (Minaet, 2008)

Esto significa que se debe lograr y justificar una efectiva armonización entre el costo económico de la aplicación de las medidas ambientales y la prioridad y grado de urgencia de aplicación de dichas medidas, según el impacto ambiental que corresponda. El reglamento sobre elaboración de planes de gestión ambiental indica que, en ningún caso, ese plazo podrá superar los dos años. (Minaet, 2008)

Según Minaet, 2008, los objetivos del plan de gestión ambiental son:

1. Cumplir con la legislación ambiental vigente en Costa Rica.
2. Mitigar los impactos significativos de la matriz ambiental.
3. Establecer una buena imagen de la empresa, con excelentes relaciones entre todas las partes interesadas.
4. Optimizar la utilización de recursos naturales.
5. Cumplir con las normas de inocuidad impuestas por los clientes y organismos.

El plan de acción se compone de acciones para mitigar o reducir los impactos ambientales e indicadores, que se usarán para evaluar el éxito de las acciones.

Según Minaet, 2008, las acciones deberán ser:

- Realizables: Acordes con la capacidad de empresa para poder ejecutarlas.
- Medibles: Para esto deben establecerse indicadores que reflejen el éxito o fracaso de la acción.
- Flexibles: Las empresas viven en constante cambio por lo que las acciones deben ajustarse a ella.
- Consistentes: Con los valores y política ambiental de la empresa.
- Entendibles: Para que el personal a todo nivel dentro de la empresa puedan cumplirlos.

## 2.2 PET y métodos para reciclaje

Los polímeros son macromoléculas que se forman a partir de unidades moleculares más pequeñas llamadas monómeros. El proceso de unirlos se llama polimerización. (Bruice, 2008)

### 2.2.1 Clasificación

Los polímeros sintéticos se dividen en dos clases principales, que dependen del método con que se fabrican:

- Los **polímeros de crecimiento en cadena o polímeros de adición**, se obtienen a partir de reacciones en cadena donde el monómero se va adicionando al extremo reactivo (radical catión o anión) de la cadena, un ejemplo de esto es el poliestireno.
- En los **polímeros de crecimiento en etapas o polímeros de condensación** se obtienen a partir de eliminar una molécula pequeña, que suele ser agua o alcohol. (Bruice, 2008)

Según sus propiedades físicas los polímeros se pueden clasificar como termoplásticos, termofijos o elastómeros:

- Los **termoplásticos** tienen regiones cristalinas, donde predominan las fuerzas de van der Waals y regiones amorfas, no cristalinas, a la vez. Estos se suavizan cuando son calentados y endurecidos cuando se enfrían. Este proceso es totalmente reversible y puede ser repetido. Son duros a temperatura ambiente pero pueden ser moldeados al calentarlos porque a temperaturas elevadas sus cadenas individuales pueden deslizarse entre sí. (Callister, 2007)
- Los **termofijos** tienen cadenas entrecruzadas y después de su endurecimiento no pueden volverse a fundir por calentamiento debido a que esta configuración se da por fuerzas covalentes, estos polímeros son menos utilizados por su poca versatilidad. (Callister, 2007)
- Un **elastómero** es un polímero que se estira y después regresa a su forma original. Es un polímero amorfo, orientado al azar, pero debe incluir algo de endurecimiento para que las cadenas no se deslicen entre sí. Cuando se estiran este tipo de polímeros las fuerzas de van

der Waals no son suficientes para mantener en ese arreglo a las cadenas y entonces regresan a su forma original. Un ejemplo de este tipo de material es el hule. (Callister, 2007)

### 2.2.2 Propiedades de los polímeros

Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen de la temperatura en la que se encuentren. A continuación se definen las temperaturas que determinan estas propiedades:

- Temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ): Esta es la temperatura a la que se produce la movilidad de los segmentos de la cadena a causa de la rotación libre de los enlaces covalentes. (Raimond, 2002)

Por debajo de esta temperatura el material se considera como un sólido amorfo, arriba de esta temperatura se define como un sólido elástico. (Callister, 2007)

Esta temperatura se ve afectada por “flexibilidad” de las cadenas del polímero, cuanto menos flexible sea la cadena, la probabilidad que experimente un movimiento de rotación (al aumentar la temperatura) es menor y por lo tanto el valor de  $T_g$  es mayor. La flexibilidad de las cadenas disminuye cuando se les introduce átomos voluminosos o grandes grupos atómicos que reducen la rotación molecular. (Callister, 2007)

- Temperatura de fusión: La fusión de un polímero cristalino representa la transformación de un material sólido, con una estructura ordenada de cadenas moleculares alineadas, en un líquido viscoso con una estructura al azar. A bajas temperaturas las vibraciones de los átomos tienen pequeñas amplitudes y son relativamente independientes. De este modo se genera un gran número de enlaces secundarios o no covalentes entre cadenas adyacentes. Al aumentar la temperatura, las vibraciones incrementan su magnitud y se coordinan hasta tal punto que se producen movimientos de traslación de cadenas. A la temperatura de fusión los movimientos de las cadenas tienen suficiente energía para romper un gran número de enlaces secundarios y generar una estructura molecular altamente desordenada.



El valor de la temperatura de fusión depende de los elementos estructurales que modifican la capacidad de las cadenas para formar enlaces de van der Waals y/o de hidrógeno (grado de ramificación, peso molecular, etc). La ramificación de las cadenas disminuye la eficiencia de empaquetamiento y la capacidad de estas para alinearse y enlazarse. Por consiguiente la temperatura de fusión disminuye al aumentar el grado de ramificación de las cadenas. Por el contrario esta temperatura aumenta al aumentar el peso molecular o la longitud de las cadenas. (Callister, 2007)

Para el caso del PET la temperatura de transición vítrea es 73 °C y la de fusión 265 °C. (Callister, 2007)

- Viscosidad Intrínseca: La Viscosidad Intrínseca (V.I.) es una medida indirecta del peso molecular, o sea, del tamaño promedio de moléculas que define el polímero. La Viscosidad Intrínseca de uso general para el PET es de  $0.8 \pm 0.02$  dL/g que corresponde aproximadamente a 125 unidades repetidas por molécula y un peso aproximado de 24,000 g/mol. Cualquier disminución en la viscosidad del polímero en su paso de granulado a preforma, significará una reducción del peso molecular. (Automatismo Industrial, 2008)

### 2.2.3 Polientilenterftalato (PET)

En un principio este polímero se empleaba únicamente para la fabricación de fibras textiles. Luego las propiedades mecánicas y químicas le abrieron nuevas y prometedoras aplicaciones en el campo del envasado de alimentos y bebidas. Sus excelentes características de brillo, transparencia, elevada resistencia al impacto, baja permeabilidad a los gases y estabilidad dimensional garantizan los requisitos exigidos a los envases destinados a la conservación y transporte de productos de uso alimentario. Además este es un material reciclable. (LASEDA, 2008)

Este polímero pertenece a la familia de los termoplásticos, esto es muy ventajoso porque puede ser moldeado cuando se calienta, pudiendo repetir este ciclo muchas veces. (LASEDA, 2008)

## Síntesis

El polímero se sintetiza en dos etapas:

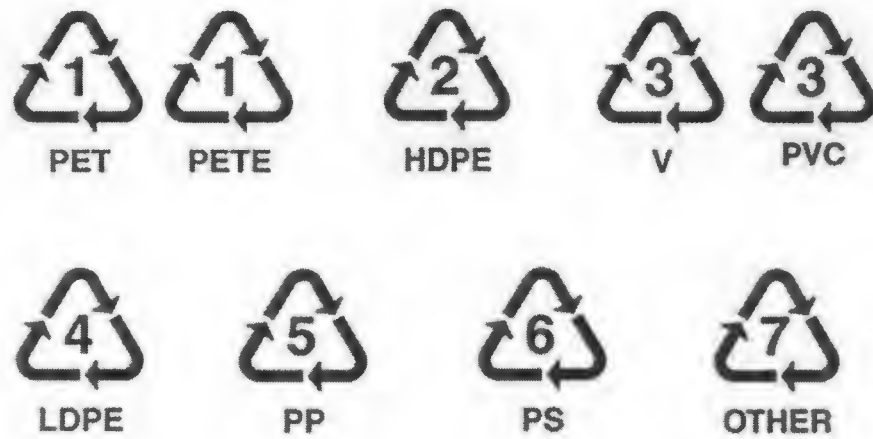
- Primera etapa. **Esterificación:** Consiste en separar el monómero bis-(2hidroxietil)-terftalato o diglicol tereftalato, haciéndolo reaccionar con el ácido terftálico con etilenglicol bajo condiciones fijas de temperatura y presión. (LASEDA, 2008)
- Segunda etapa: ocurre la reacción de **policondensación** del monómero bajo elevada temperatura y baja presión. Posterior a esto se obtiene un polímero (de 100 unidades repetidas aproximadamente) con una viscosidad intrínseca cerca de 0,65 dL/g. (LASEDA, 2008)

En esta segunda reacción para asegurar que el equilibrio se desplace hacia la formación del polímero se debe eliminar la fase fundida (el glicol) que se ha degradado lo más rápido posible. Sin embargo a medida que la reacción avanza, la eliminación del glicol es cada vez más difícil porque la viscosidad de la fase fundida va aumentando. Para acelerar dicho proceso se adiciona un catalizador base antimonio, germanio o titanio, mientras que para mejorar la estabilidad térmica de la fase fundida se emplean compuestos de fósforo. (LASEDA, 2008)

## Tecnologías para reciclado de PET.

Para el reciclado del PET lo primero es una correcta selección manual o automática de los artículos desechados de acuerdo con su naturaleza y destino. Un ejemplo de lo afirmado es la separación de las botellas PET que se utilizan en los refrescos, de las de Polietileno de alta densidad (PE-HD, por sus siglas en inglés), que se emplean en el envasado de leche. (Proceso de reciclaje del PET, 2011)

La separación de los polímeros con fines de reutilizarlos se realiza empleando la codificación y recomendaciones dadas por la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI), que clasifica a los polímeros en siete categorías. Ver figura 2.1 (Proceso de reciclaje del PET, 2011)



**Figura 2.1.** Códigos para identificar y separar polímeros reciclables. Tomado de: (Proceso de reciclaje del PET, 2011)

El **reciclado mecánico** es el sistema de valorización más habitual para el PET. Consiste en una serie de etapas a las que el material es sometido, para su limpieza y procesado, sin que exista, en principio, un cambio químico en la estructura. (AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES, 2008)

La calidad del producto resultante, depende en gran medida de la separación previa de los distintos materiales plásticos, de la ausencia de impurezas y en resumen de la limpieza de los mismos, por estos motivos es muy importante seleccionar el proceso y los subprocesos adecuados (separación, lavado y secado) en cada caso. (AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES, 2008)

En el reciclado mecánico los plásticos escogidos son limpiados de forma gruesa, esto para quitar etiquetas, papeles, residuos de materia biodegradable, etc. La preparación final del producto empieza con el lavado y la separación de las sustancias contaminantes, proceso que se puede repetir, dependiendo de la calidad de la materia prima.

Para lograr una buena calidad del producto, no es suficiente con la separación del material que se vaya a reciclar. Cuando el proceso industrial comienza, es necesario hacer una microselección de la materia, esto implica separar los polímeros en función de sus tipos, después de haber sido triturados en pequeños trozos. Para que la separación se lleve a cabo se utiliza la flotación, que aprovecha la diferencia de densidades. Esta puede verse favorecida utilizando tecnología de hidrociclones que emplea la fuerza centrífuga para acelerar la separación gravitacional. (Ojeda, 2011)

Otro método utilizado es la selección molecular, que utiliza las diferentes temperaturas de disolución para cada polímero. Esto al final permite recuperarlos en capas.

Después, es necesario que el material pase por una centrifuga y secadora, luego se almacena en un silo, este último sirve para almacenar y homogenizar el material, con el fin de obtener una calidad constante.

El producto triturado (en hojuelas), limpio y seco se alimenta a una extrusora la cual funde el material, a la salida de la extrusora se coloca un baño de agua para solidificar el plástico reciclado, el cual puede tratarse según se considere para su uso final. Uno de ellos es cortar los hilos provenientes de la extrusora para formar pellets que serán utilizados como materia prima en otros procesos industriales con PET. (Ojeda, 2011)

Existen métodos de extrusión, el cual genera polímeros con dos capas, por un lado una capa de material virgen y por otro una capa de material reciclado, una aplicación de esto son los recipientes de detergente. (Ojeda, 2011)

Si el plástico se requiere para utilizarlo en el sector alimentario, después del reciclado mecánico convencional le sigue un proceso llamado “super-limpieza”, siendo el segundo complementario al primero. (AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES, 2008)

En la super-limpieza se eliminan aquellos contaminantes que pueden quedar adsorbidos en la superficie del plástico como impurezas que no se funden, insolubles o volátiles. Se mantiene o incrementa la viscosidad intrínseca de los residuos de los que se parte, incluso

obteniendo valores “a medida” para la aplicación requerida. Esto se da porque ocurren reacciones químicas que alargan las cadenas del polímero, mejorando de forma considerable las propiedades finales del material. (AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES, 2008)

Un ejemplo de proceso de super-limpieza es la descontaminación con tratamiento térmico. Este proceso se lleva a cabo introduciendo las hojuelas en una extrusora cerca de 280 °C. Las impurezas quedan en un filtro para ser eliminadas. Si se mantiene esta temperatura se puede producir una ruptura de cadenas y en general una caída de viscosidad, por lo que es necesario provocar una policondensación que aumente la masa molecular del PET. Durante esta etapa se elimina agua liberada por la esterificación provocando vacío o mediante una corriente gaseosa durante toda la reacción. (AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES, 2008)

El proceso utilizado en la empresa es un reciclado mecánico seguido por una super-limpieza con tratamiento térmico.

El **reciclado químico** es un proceso complicado. De hecho, existen cerca de 10 procesos diferentes para despolimerizar el PET en sus materias primas aunque sólo unos pocos son viables industrialmente. El proceso que más se aplica en el mundo utiliza metanol como reactivo y produce la materia prima del PET: DMT (Dimetil tereftalato) y EG (Etilenglicol). Empresas tan grandes como DuPont, Eastman Kodak y Mitsubishi aprovechan tecnologías basadas en el uso de metanol para reciclar el PET, ya que la materia prima resultante tiene el grado de pureza necesaria para ser utilizada como envase para bebidas. (Bustos, 2009)

Ejemplos de reciclado químico son:

- **Pirolisis:** craqueo de las moléculas por calentamiento al vacío. Aquí se obtienen hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser posteriormente utilizados en la industria de refinerías, tal es el caso del carbón activado.

- **Hidrogenación:** se trata el material con hidrogeno y calor, Las cadena poliméricas se rompen y convierten en un petróleo sintético que puede ser utilizado como *fente de energía* en plantas químicas.
- **Gasificación:** los plásticos son calentados con aire rico en oxígeno para sintetizar los gases: monóxido de carbono e hidrogeno. Estos son muy utilizados en la producción de metanol y amoniaco.
- **Metanólisis:** es un proceso que consiste en la aplicación de metanol al PET, posteriormente el PET, que es un polyester, se descompone en sus dos moléculas básicas, dimetil tereftalato y etilen glicol. Los cuales pueden ser utilizados luego para la producción de resina virgen. (Ojeda, 2011)

Los envases multicapa empleados para embotellar bebidas alcohólicas y los recubrimientos con otros materiales reducen la capacidad de reciclaje del PET. Se evitan también el PVC, aluminio y etiquetas metalizada o con pigmentos de metales pesados que contaminan el producto final. Las tapas de polipropileno (PP) o polietileno de alta densidad (HDPE) están permitidas, ya que son fáciles de separar durante el proceso de reciclaje.

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Como primer paso para lograr la confección de un plan de gestión ambiental para la empresa se realizó una investigación bibliográfica en bases de datos, tesis, libros, artículos, legislación nacional y normas internacionales.

En segundo lugar, se hizo una descripción de todo el proceso y las transformaciones de la materia que este conlleva. Para esto se revisaron manuales de los equipos e información suministrada por los vendedores de los mismos. La descripción va desde la recepción de materias primas hasta la disposición del producto final (pellets de PET). Además se detallaron las dos líneas del proceso, la de generación de hojuelas y la de formación de pellets. El proceso global cuenta con su respectivo balance de masa general hipotético.

Se describió el estado cero del proyecto, para esto se recopiló información acerca de la compañía antes de proponer el plan de gestión ambiental. Se identificaron los aspectos e impactos ambientales, con el objetivo de posteriormente evaluar si estos son significativos.

Se confeccionó una matriz donde, por cada actividad, se incluyeron los artículos de leyes, decretos o normas que la empresa tiene que cumplir en el campo medioambiental para operar en nuestro país. Esto para identificar cuáles se están cumpliendo.

Para cuantificar los impactos ambientales se definieron criterios de significancia, a los que se les asignaron una puntuación según su nivel de afectación al medio ambiente. Estos criterios se consideran dentro de fórmula que expresa un valor de significancia ambiental.

Una vez encontrado los aspectos ambientales, se procedió a cuantificarlos. Para esto se utilizó una metodología diseñada en equipo por Mariela Gómez, la gestora ambiental de la empresa y el autor de este documento. Además se definieron los criterios de significancia, mediante los cuales se evaluó cada impacto. Estos criterios son:

- Po: Probabilidad de ocurrencia. Cuantifica la probabilidad de que un impacto ambiental determinado llegue a ocurrir.

- 1: puede ocurrir solamente en condiciones extremas, tales como: incendios, terremotos, inundaciones.
- 2: puede ocurrir si el operario está distraído, le falta capacitación y/o concientización, si usa malas técnicas o procedimientos, o si el equipo está en mal estado.
- 3: puede ocurrir bajo las condiciones normales de operación.
- Sv: Severidad del impacto: Determina qué tan dañino puede ser el impacto en el medio ambiente.
  - 0: Sin impacto detectable al medio ambiente.
  - 1: tiene un impacto mínimo para la salud o medio ambiente, el impacto es fácilmente remediable y no causa mayores daños o costos; generalmente no requiere mayores controles para minimizar o prevenir su ocurrencia.
  - 2: tiene un impacto limitado o de corto plazo para la salud o medio ambiente, es relativamente fácil de prevenir pero caro de remediar si ocurre; requiere controles para minimizar o prevenir su ocurrencia.
  - 3: tiene un impacto directo y dañino en el ambiente/personas o cuando no conocemos lo suficiente para evaluar el daño.
- Fr: Frecuencia: Califica el impacto según su reincidencia dentro de la actividad.
  - 1: Ocurre rara vez.
  - 2: Ocurre en forma regular, mensualmente.
  - 3: Ocurre tres veces por semana o con mayor frecuencia.
- Pp: Percepción Pública: Indica si las personas afectadas por la manifestación del impacto ambiental tienen una mala percepción o si por el contrario no les interesa.
  - 1: No existen denuncias ni quejas por parte de la comunidad, autoridades y/o trabajadores.
  - 2: Existe preocupación por parte de la comunidad, autoridades y/o trabajadores
- Cr: Control: Determina si la empresa tiene un control directo sobre el impacto.
  - 1: Se ejerce o podría ejercer un control directo por parte de la empresa.
  - 2: El control está bajo el proveedor o subcontratista.



- 3: Incontrolable
- S: Significancia
  - $S = P_o + 2xS_v + Fr + 2xP_p + Cr$

Un aspecto se considera significativo si el resultado de la fórmula es igual o mayor que 15. De acuerdo con estos resultados se hará un plan de manejo de desechos líquidos y un plan de manejo de desechos sólidos. Esto con base en lo que solicita el Ministerio de Salud. Estos planes incluirán:

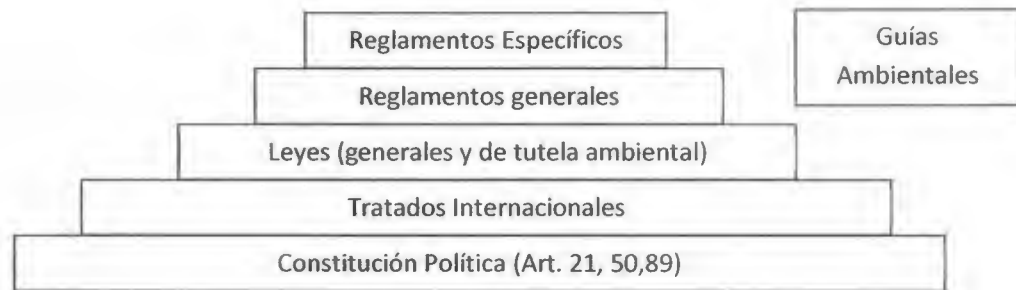
- Información General de la empresa.
- Manejo de desechos. Aquí se detallarán los desechos esperados, las fuentes de generación, manejo interno de los residuos generados, almacenamiento, disposición final y sistema de tratamiento.
- Estrategias de organización. Se indicará el proceso interno de manejo y control, responsables, período de implementación y un cronograma para las actividades.

Se estiman los costos del PGA con base en cotizaciones realizadas por compañías privadas a la empresa. Se crea una matriz para la estimación de costos donde se detalla el costo por aspecto ambiental, acción a tomar y tareas. Se establece un costo unitario y cantidades para calcular el costo total. Se explican las ventajas competitivas que tendrá la empresa al poner en marcha este plan.

## CAPÍTULO IV. MARCO LEGAL

Costa Rica cuenta con un amplio marco legal en materia medioambiental, la base de esta legislación es el artículo 50 de la Constitución Política, la cual establece que toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Seguido por leyes en esta materia como la Ley orgánica del ambiente No. 7554 y la ley de vida silvestre N° 7317; y decretos como el reglamento sobre manejo de residuos sólidos ordinarios.

La jerarquía del material jurídico se representa en la siguiente pirámide:



**Figura 4.1.** Esquema de la jerarquía del ordenamiento jurídico ambiental.

### 4.1 Cumplimiento de la empresa.

Existen una serie de requisitos legales en el campo medio ambiental para el establecimiento y funcionamiento de una compañía. Para poner en orden todo este material se confeccionó una matriz de requisitos legales, donde se analizan las leyes, decretos, reglamentos y normas que debe cumplirse para cada actividad o aspecto. Esta matriz se encuentra en el Apéndice 3.

Como actividades y aspectos se consideraron:

- Funcionamiento general de la planta
- Uso de agua de pozo
- Estancamiento de aguas
- Generación de desechos líquidos
- Generación de desechos sólidos
- Generación de agentes contaminantes a la atmósfera

- Almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP)
- Consumo de energía, generación de ruido
- Generación de polvo, chispas, humo y vapores.
- Generación de malos olores
- Fumado en las instalaciones de la empresa
- Emergencia

#### **4.2 Legislación costarricense para planes de gestión ambiental.**

Según el artículo 17 de la Ley Orgánica del Ambiente No 7554 “Las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, materiales tóxicos o peligrosos, requerirán una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental creada en esta ley. Su aprobación previa, por parte de este organismo, será requisito indispensable para iniciar las actividades, obras o proyectos. Las leyes y los reglamentos indicarán cuales actividades, obras o proyectos requerirán la evaluación de impacto ambiental.”

Por lo tanto todo proyecto por realizarse en el país, salvo las casas unifamiliares, deben presentar una evaluación de impacto ambiental (E.I.A.) ante la SETENA.

SETENA clasifica los proyectos según su impacto ambiental de la siguiente manera:

A: Alto impacto ambiental potencial

B1: Moderado-alto impacto ambiental potencial

B2: Moderado-bajo impacto ambiental potencial

C: Bajo Impacto ambiental potencial

Según el artículo 5 del Reglamento General 31849 sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y con el propósito de que se conozca de forma preliminar el potencial impacto ambiental de su actividad, obra o proyecto. Se dispone de dos criterios complementarios de evaluación: la categorización general y la clasificación ambiental inicial de estas.

Mediante una evaluación técnica la SETENA categorizó de forma general algunas actividades, obras o proyectos.

El instrumento para efectuar la evaluación técnica es el D1 o el D2, los cuales deben completarse uno u otro, según corresponda la actividad en cuestión. Para proyectos clasificados como C o B2 con plan regulador aprobado por la SETENA, sólo es necesario completar el D2. Si la actividad corresponde a cualquiera de las otras clasificaciones (A, B1, B2 sin plan regulador) o si la actividad no está en la categorización general de la SETENA es indispensable el llenado de la D1, en el cual se obtendrá un puntaje con el que se clasificará el proyecto según corresponda.

Según el artículo 20 de este reglamento, en virtud de la calificación final de la SIA, las actividades, obras o proyectos podrán seguir las siguientes rutas de decisión:

1. B2–Baja SIA - Declaración Jurada de Compromisos Ambientales (DJCA).
2. B1 – Moderada SIA – Pronóstico - Plan de Gestión Ambiental (P-PGA).
3. A – Alta SIA - Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).

#### **4.3 Legislación sobre plan de manejo de desechos**

El Reglamento general para el otorgamiento de permisos sanitarios del Ministerio de Salud describe estos planes como un documento en el cual se definen el conjunto de actividades y operaciones técnicas empleadas en un establecimiento, comprende las etapas: separación, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos que genera la actividad. (MINSAL, 2008)

La confección de estos planes está estipulado en el Decreto Ejecutivo No. 34728-S, 18, 19, 20. Reglamento General para el otorgamiento de permisos sanitarios de Funcionamiento del Ministerio de Salud publicado en 2008.

#### 4.3.1 Desechos sólidos

Primeramente se definen términos referentes al manejo de desechos sólidos según decreto 36093-S. Reglamento de manejo de residuos sólidos ordinarios de 2010.

**Disposición final:** Última etapa del proceso del manejo de los residuos sólidos en la cual son dispuestos en forma definitiva y sanitaria.

**Gestión integral de residuos sólidos ordinarios:** Conjunto articulado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos sólidos ordinarios, desde su generación hasta la disposición final.

**Gestor de residuos:** Persona física o jurídica, pública o privada, registrada y autorizada para la gestión total o parcial de los residuos sólidos ordinarios.

**Manejo de residuos:** Conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión de residuos sólidos ordinarios que incluye: almacenamiento, recolección, transporte, valorización, tratamiento y disposición final.

**Residuo:** Material sólido, semi-sólido, líquido o gaseoso, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente, o en su defecto ser manejado por sistemas de disposición final.

**Residuo sólido ordinario:** Residuo de origen principalmente domiciliario o que proviene de cualquier otra actividad comercial, de servicios, industrial, limpieza de vías y áreas públicas.

**Residuo de manejo especial:** Son aquellos residuos sólidos ordinarios que por su volumen, cantidad, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje o valor de recuperación requieren salir de la corriente normal de recolección de residuos sólidos ordinarios.

**Residuo peligroso:** Son aquellos que por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radiactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, o que por su tiempo de exposición puedan causar daños a la salud y al ambiente.

**Residuo valorizable:** Son aquellos residuos que pueden ser recuperados de la corriente de los residuos sólidos ordinarios para su valorización.

**Relleno sanitario:** Es la técnica mediante la cual diariamente los residuos sólidos se depositan en celdas debidamente acondicionadas para ello, esparcen, acomodan, compactan y cubren. Su fin es prevenir y evitar daños a la salud y al ambiente, especialmente por la contaminación de los cuerpos de agua, de los suelos, de la atmósfera y a la población al impedir la propagación de artrópodos, aves de carroña y roedores.

**Tratamiento:** Conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante las cuales se modifican las características de los residuos, lo que conlleva transformaciones físicas o químicas.

**Valorización:** Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es procurarle valor de los residuos para los procesos productivos mediante la recuperación de materiales o el aprovechamiento energético para la protección de la salud y el uso racional de los recursos.

Los residuos de manejo especial deberán almacenarse, transportarse y manejarse de forma que no sea un riesgo para la salud y seguridad de las personas y el ambiente, según artículo 40 del mismo reglamento que los define.

La legislación nacional en el campo de los residuos sólidos cuenta con un Plan nacional de residuos sólidos elaborado por el programa Competitividad y Medio Ambiente en Costa Rica (CYMA), integrado por MS, MIDEPLAN, MINAET, IFAM, CICR y la GIZ<sup>1</sup> a

---

<sup>1</sup> IFAM: Instituto de Fomento y ayuda Municipal

MS: Ministerio de Salud

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional

MINAET: Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

CICR: Cámara de Industrias de Costa Rica

GIZ: Cooperación Alemana para el Desarrollo

solicitud de la Comisión Nacional de Desechos. Este plan incluye aspectos técnicos del manejo de los residuos sólidos, además de un apartado dedicado a los costos, tarifa y financiamiento.

Dentro del alcance del Plan de Residuos Sólidos (PRESOL), está “crear una estrategia nacional para la Gestión Integral de todos los tipos de residuos, basado en un análisis de la situación y de la política actual. Con eso se pretende obtener un avance consensuado y enfocado a las áreas prioritarias en el país.”

La última ley publicada para el manejo de los residuos sólidos, Ley 8839 para la gestión integral de los residuos sólidos, jerarquiza la gestión de este tipo de residuos de la siguiente manera:

- I. Evitar
- II. Reducir
- III. Reutilizar
- IV. Valorizar
- V. Tratar
- VI. Disponer

En esta jerarquización se pone en evidencia que lo más importante es la prevención, evitar como primera opción, para así posteriormente disponer la menor cantidad de residuos.

Para fundamentar la gestión integral de los residuos, según la Ley 8839 para la gestión integral de los residuos sólidos de 2010, se tienen los siguientes principios fundamentales:

- **Responsabilidad compartida:** la gestión integral de los residuos es una corresponsabilidad social, requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos los productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de residuos, tanto públicos como privados.

- **Responsabilidad extendida del productor:** los productores o importadores tiene la responsabilidad del producto durante todo el ciclo de vida de este, incluyendo las fases posindustrial y postconsumo. Para efectos de esta ley, este principio se aplicará únicamente a los residuos de manejo especial.
- **Internalización de costos:** es responsabilidad del generador de los residuos el manejo integral y sostenible de estos, así como asumir los costos que esto implica en proporción a la cantidad y calidad de los residuos que genera.
- **Prevención en la fuente:** la generación de residuos debe ser prevenida prioritariamente en la fuente y en cualquier actividad.
- **Precautorio:** cuando exista peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del ambiente o la salud.

Según la Ley 8839 todo generador de residuos está obligado a reducir la generación de estos, separarlos en la fuente, entregarlos a gestores autorizados, mantener un registro adecuado de la generación y gestión de cada residuo, reportar a las autoridades y fomentar la producción limpia.

Se debe además manejar los residuos de forma tal que no contaminen los suelos, subsuelos, agua, aire y ecosistemas.

Las autoridades del gobierno no se han quedado en la generación de leyes, son conscientes que se producen 11764 toneladas diarias de desechos sólidos y de los cuales sólo se recoge el 56%, por lo que han impulsado iniciativas para el acopio y reutilización de residuos. Un ejemplo de esto es el Programa de Ciudades Limpias, que están en funcionamiento desde 2002. Bajo este plan se organizan los actores sociales, se establecen mecanismos de coordinación municipalidad-comunidad-área, se dan capacitaciones básicas para el manejo adecuado de los desechos y la elaboración de un plan operativo. (MINSA, Pagina oficial del Ministerio de Salud)



#### 4.3.2 Desechos Líquidos

Algunas definiciones que especifica el decreto 26042, reglamento de vertido de aguas residuales son:

**Agua residual:** agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial.

**Aguas residuales ordinarias:** Agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.)

**Aguas residuales especiales:** Agua residual de tipo diferente al ordinario.

**Sistema de Tratamiento:** conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, cuya finalidad es mejorar la calidad del agua residual a la que se aplican.

La ley 5395 general de la salud establece que: “Las excretas, las aguas negras, las servidas y las pluviales, deberán ser eliminadas adecuada (de forma aprobada por el por el Ministerio) y sanitariamente a fin de evitar la contaminación del suelo y de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano, la formación de criaderos de vectores y enfermedades y la contaminación del aire. Queda prohibido, en todo caso la descarga de las aguas negras, de las aguas servidas y de residuos industriales, al alcantarillado pluvial.”

Haciendo necesario la implantación de un Sistema de tratamiento de aguas dentro de la empresa, el cual contará con reportes que se entregarán a la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud periódicamente. Estos deberán incluir:

- Registro de aforos.
- Registro de análisis de laboratorio.
- Registro de accidentes y situaciones anómalas.
- Evaluación del estado actual del sistema.
- Plan de acciones correctivas.

Para obtener la calidad del agua deberán medirse parámetros, cada uno de ellos tiene un máximo permitido y una frecuencia de medición que debe cumplirse, según el reglamento de reúso y vertido de las aguas residuales. Ver cuadro 3.1.

**Cuadro 4.1.** Máximo permitido en valores y frecuencia de muestreo de parámetros de aguas residuales de acuerdo a las características del proceso en estudio.

Parámetro	Ordinaria		Especial	
	Máximo permitido	Frecuencia muestreo	Máximo permitido	Frecuencia muestreo
Caudal*		Mensual		Diario
Temperatura	15 a 40 °C	N/A	15 a 40	Diario
Demanda Bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C DBO 5,20	50 mgO <sub>2</sub> /L	Anual	250 mg/L	Trimestral
DQO	N/A	N/A	500 mg/L	Trimestral
Ph	5 a 9	Mensual	5 a 9	Diario
Grasas/Aceites (GyA)	30 mg/L	Anual	30 mg/L	Trimestral
Sólidos Sedimentables (SSed)	1 mg/L	Mensual	1 mg/L	Diario
Sólidos suspendidos totales (SST)	50 mg/L	Anual	100 mg/L	Trimestral

\*A diferencia de las demás, esta medida no requiere ser practicada por un laboratorio acreditado.

Para la elaboración de este cuadro se estudió el Decreto #26042, Reglamento de reuso y vertido de aguas residuales del año 1997, en sus artículos 14, 15, 19, 20, 27 y 29. Con base en los estimados para consumo de aguas ordinarias que no superan los 2,5 m<sup>3</sup>/día y aguas de especiales de 138 m<sup>3</sup>/día.

Los reportes deberán hacerse con una frecuencia anual para el caso del tratamiento de aguas ordinaria y trimestral para las especiales.

Para cumplir con la ley, no es necesario medir coliformes fecales, ya que el agua tratada no será vertida en un cuerpo receptor de contacto primario, ni se estará reutilizando en ninguna actividad. Si en el futuro se quisiera reutilizar el agua del efluente de la PTAR, será necesaria la medición de los coliformes.

## **CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU PROCESO PRODUCTIVO.**

### **5.1 Características de la empresa**

Esta es una nueva empresa que pondrá en marcha un proceso de producción de resina reciclada del polímero PET (rPET) a partir de residuos de botellas de PET, que consumen los habitantes del país.

La empresa pretende, mediante el uso de complejas tecnologías de descontaminación, lograr cerrar el ciclo de vida de las botellas de PET, las cuales significan un elevado porcentaje de los residuos domiciliarios e industriales del país.

Los productos que genera la empresa son pellets para el contacto con alimentos y hojuelas y pellets grado técnico, estos últimos son partículas que no cumplen con los requisitos para ser utilizadas en envases de alimentos pero que pueden venderse y aprovecharse para la producción de otros productos.

Los clientes de esta compañía son productores de bebidas refrescantes, que envasarán sus productos en botellas de rPET, generando así una imagen de responsabilidad con el medio ambiente.

La propiedad donde se instala la empresa tiene un área de 1,7 hectáreas, aquí se encuentran una nave industrial de 4.225 m<sup>2</sup> y 4.400 m<sup>2</sup> distribuidos entre otras edificaciones (oficinas, talleres, bodegas, parqueos, loza de concreto, etc).

La estructura organizativa de la empresa (ver figura 5.1) cuenta con un gerente general a la cabeza, que tiene a su cargo cinco divisiones, estas a su vez tienen un gerente al frente. Las divisiones son: contaduría, financiero, comercialización, cumplimiento, operaciones y recursos humanos.

La gerencia de cumplimiento cuenta con un jefe de calidad, el cual tiene a su cargo un inspector de calidad y un laboratorista encargado de hacer las pruebas requeridas. Por otro

lado esta gerencia también cuenta con un Gestor Ambiental que trabaja bajo la modalidad de “outsourcing”.



**Figura 5.1.** Estructura Organizativa centrada en la gestión ambiental.

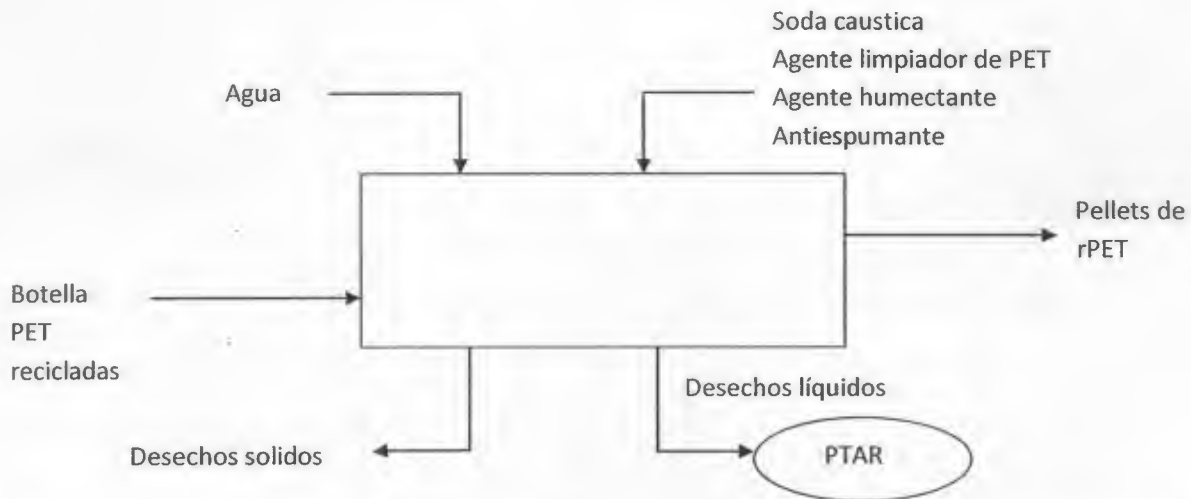
Esta empresa comparte los servicios básicos de administración con una empresa hermana localizada a 20 km de distancia aproximadamente. Se prevén 55 personas que trabajen en el área de producción durante todos los turnos, entre operarios e ingenieros y 15 personas adicionales en la administración.

**Balance global de masa.** La capacidad instalada de producción es de 1,000 kg/hr de resina. Para obtener esta cantidad de producto final, es necesario alimentar la banda transportadora de entrada con 1,334 kg/h de botellas compactadas, las cuales pueden ser postconsumo (alrededor del 95%) o postindustrial. La merma estimada es de 25%, mayoritariamente son contaminantes que vienen con las botellas, los cuales son sacados de la corriente de producción (como las etiquetas, tapas, líquidos remanentes de refrescos, tierra, agua, lodos, etc).

Las materias primas que se utilizan en la producción de hojuelas recicladas son:

- Botellas de plástico PET. celeste, cristal y verdes.
- Agua.
- Soda Cáustica.
- Agente limpiador de PET.
- Agente humectante.
- Antiespumante.

El consumo de agua promedio se considera como el consumo máximo por un factor de 0.6, esto es: 3456 kg/h



Corriente	Flujo Másico	Composición masica
Botella PET recicladas	1334 kg/h	75% PET 5% Desechos líquidos 20% Desechos Solidos
Agua	3456 kg/h	100% Agua de pozo
Agentes de limpieza	25 kg/h	La composición es desconocida.
Desechos Solidos	266,8 kg/h	20% Metales 10% Etiquetas 20% Arenas 40% Poliolefinas 10% Otros
Desechos Líquidos	3547.7 kg/h	97.4% Agua 1.9% Desechos líquidos 0.7% Agentes de limpieza
Pellets de rPET	1000 kg/h	100% rPET

La merma se estimó según información que brindó la empresa, donde se estudiaron plantas similares localizadas en otras partes del mundo, ya que el proceso productivo no está funcionando en el momento de este análisis.

Aunque se esperan algunos desechos sólidos finos en la corriente de residuos líquidos, estos se consideran despreciables en el balance de masa, por la gran cantidad de filtros utilizados en todas las etapas del proceso.

## **5.2 Descripción del proceso productivo.**

Para una mejor comprensión, este se dividirá en tres subprocesos: recepción de la materia prima, línea de hojuelas y línea de resina. A continuación se describe en detalle las etapas requeridas para la producción de resina PET reciclada.

### **5.2.1 Recepción de la materia prima**

La materia prima son las botellas plásticas de PET post consumo y/o post industriales de color cristal, verde o celeste, las cuales se obtienen como resultado del acopio realizado por distintas instituciones públicas y privadas.

En las instalaciones se reciben camiones cargados con el material debidamente compactado, separado por color y enfardado.

Los camiones se pesan cuando ingresan a la planta con material y posterior a la descarga, para así por diferencia determinar el peso del material que se va a introducir. Además se identifican los fardos por proveedor para poder darles trazabilidad durante el procesamiento.

El material se almacena hasta obtener la cantidad necesaria para ingresar a la línea de lavado y hacer un lote.

### **5.2.2 Línea de hojuelas**

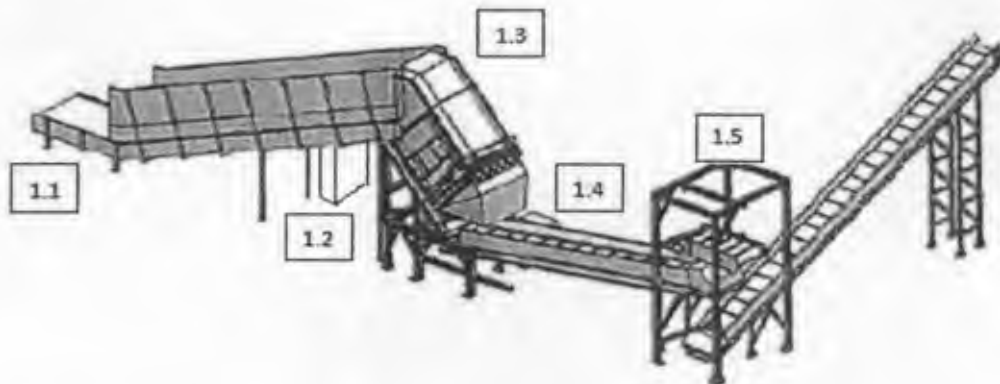


La línea de hojuelas incluye una transformación física de las botellas obteniéndose como producto hojuelas de PET limpias, la tecnología aplicada para ello es italiana y fue desarrollada por Sorema.

### Alimentación a la línea de hojuelas

El objetivo de esta etapa es la de abrir los paquetes de botellas, llamados fardos, y entregar un flujo de alimentación constante al sistema. Se colocan los fardos, sin sus amarres, llamados flejes, con la ayuda de un montacargas en el punto de carga 1.1 (ver figura 5.2). El material asciende por una cinta transportadora, construida con platos de acero y paredes laterales, hacia el abridor de fardos 1.3.

El abridor de fardos utiliza 6 ejes movidos por motores oleodinámicos, los cuales entregan velocidades de rotación lentas, además cuentan con paletas que abren los fardos sin romper las botellas. Durante el paso por la cinta transportadora se desprenden algunas etiquetas que son recolectadas en una canasta para su remoción 1.2 (ver figura 5.2). Luego las botellas pasan por un detector de material 1.4, el cual detecta la presencia de envases, de manera que se brinde un flujo constante a la siguiente etapa. Seguidamente las botellas pasan por un detector de metal (1.5) el cual deposita en una canasta aquellos residuos metálicos o con elementos metálicos.



**Figura 5.2.** Diagrama de equipo para la alimentación de botellas las plásticas al proceso.

### Prelavado en caliente

Esta sección recibe las botellas sucias y les remueve gran parte de los contaminantes abrasivos. Aquí se utiliza el agua que viene de la sección de lavado, la cual aún tiene químicos que son reutilizados y que de otra manera serían descargados directamente a la planta de tratamiento (esto para optimizar el uso del recurso hídrico y de agentes de limpieza).

El proceso inicia cuando las botellas ingresan en un flujo continuo a un tromel, esto es un cilindro de acero inoxidable con agujeros. Mientras el agua con los químicos (soda cáustica y detergentes) se vierten por la parte superior del cilindro, en la parte inferior salen parte de los contaminantes como etiquetas, tierra, arena, vidrio, gomas y otros. Los polímeros se expanden a diferentes proporciones al aumentar la temperatura. Este equipo trabaja a 80°C, gracias a esto se facilita el retiro de las etiquetas, y las botellas de PVC se empiezan a decolorar, lo que agiliza la identificación de los materiales distintos al PET.

Los contaminantes caen en un tamiz vibratorio 2.2 (ver figura 5.3) en el cual se retiran por la parte superior hacia un tornillo extractor que los deposita en una canasta 2.3, mientras el agua es filtrada. El agua que sale de esta etapa se dirige a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

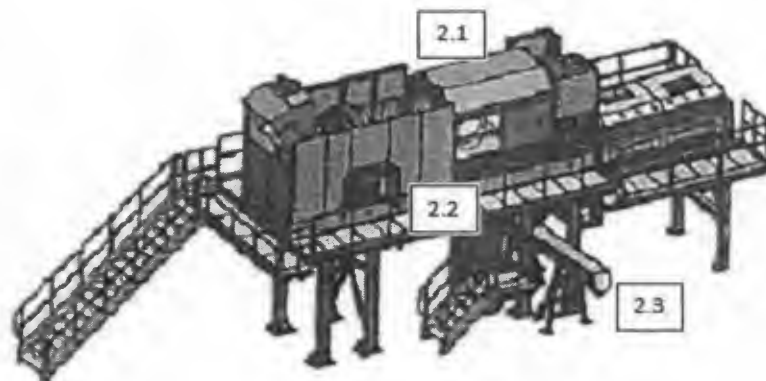


Figura 5.3 Diagrama de equipo para el prelavado en caliente.

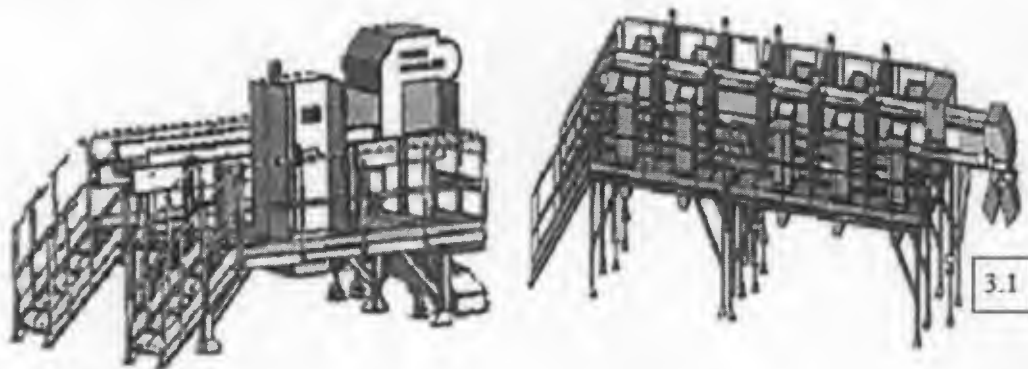
### Selección de las botellas

Las botellas prelavadas se separan primero automáticamente y luego manualmente, de manera que los contaminantes más grandes sean removidos antes de ingresar a la etapa de molido.

El detector automático utiliza un identificador de color con lo que selecciona las botellas de un color diferente al que se esté procesando en ese momento. El sistema de detección automático consiste en un lector óptico que identifica cuando una botella se sale del rango de color especificado, y la eyecta mediante un chorro de aire comprimido, que hace que la botella caiga en una canasta, mientras que el material aprobado continúa por la banda. (Ver figura 5.4)

La selección manual consiste en una banda transportadora en posición horizontal donde operarios a ambos lados de esta, descartan las botellas que no se deben procesar, ya sea por tener un color diferente al lote que se está trabajando o ser de otro material distinto al PET. Esta sección tiene un cordón de seguridad, el cual detiene la línea en caso de emergencia.

Al final de esta banda transportadora hay un detector de metales 3.1 (ver figura 5.4) que logra expulsar este tipo de desechos, ya que al detectar un metal abre una compuerta que evita que el material continúe por la banda transportadora y más bien lo desvía hacia una canasta para su reSelección.



**Figura 5.4** Diagrama de equipo de selección manual de botellas.

### Molienda en húmedo

Esta sección corta las botellas en pedazos más pequeños llamados hojuelas, y remueve parte de la contaminación líquida de manera que se facilita el manejo del material y se mejora la eficiencia de los químicos en las secciones subsecuentes.

Mediante una banda transportadora 4.1 (ver figura 5.5) las botellas suben hacia la cámara de molienda 4.2. Mientras son molidas y convertidas en hojuelas se les rocía agua para facilitar el corte y la remoción de contaminantes, además de arrastrar el polvo que resulta de la misma molienda. Los contaminantes son removidos en una centrífuga de lavado de eje horizontal 4.3, donde se separan las hojuelas del agua con los contaminantes, sobre todo los residuos de papel en las hojuelas que se vuelven pulposos.



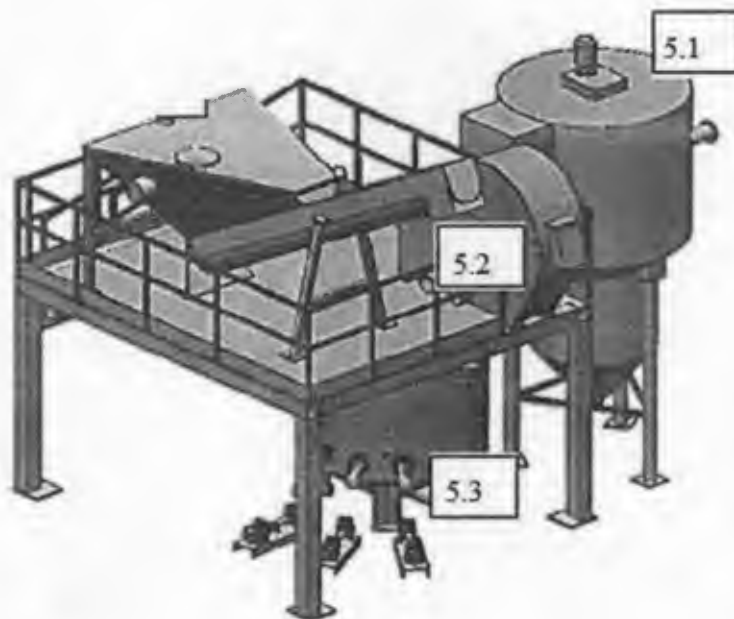
**Figura 5.5.** Diagrama de equipo de molienda en húmedo.

### Tratamiento del agua del molino

El agua utilizada para la molienda húmeda pasa a un sistema de tratamiento que consiste en un decantador 5.1 (ver figura 5.6) donde los contaminantes más ligeros flotan y las arenas se van al fondo. Tanto el agua como los contaminantes flotantes pasan a un filtro

rotatorio 5.2, en el cual se separan los flotantes del agua. Luego el agua es almacenada en el tanque de recirculación de agua del molino 5.3.

Las arenas que quedaron en el fondo del decantador son succionadas y se terminan de sacar del sistema mediante un tornillo sin fin que da a una canasta.



**Figura 5.6.** Diagrama de equipo de tratamiento de agua del molino.

### **Lavado en caliente**

Esta sección está diseñada para aceptar la hojuela y lavarla profundamente.

Primero, el material ya molido entra a un silo de almacenamiento de acero inoxidable 6.1 (ver figura 5.7) y mediante un agitador tipo tornillo mezcla y homogeniza las hojuelas.

Seguidamente, las hojuelas entran por lotes a dos tanques de acero inoxidable, aislados y equipados con agitadores de alta velocidad 6.2 (ver figura 5.7); mientras uno se está

llenando, el otro está lavando. Aquí, las hojuelas se lavan profundamente usando agua, soda cáustica y los siguientes aditivos:

- Un emulsificante fuerte para separar el PET de otros plásticos fácilmente, en concentración de 0,5-2g/L.
- Antiespumante, en concentración de 100-200 ppm
- Surfactante especialmente diseñado para la remoción de goma, etiquetas y residuos orgánicos del PET.

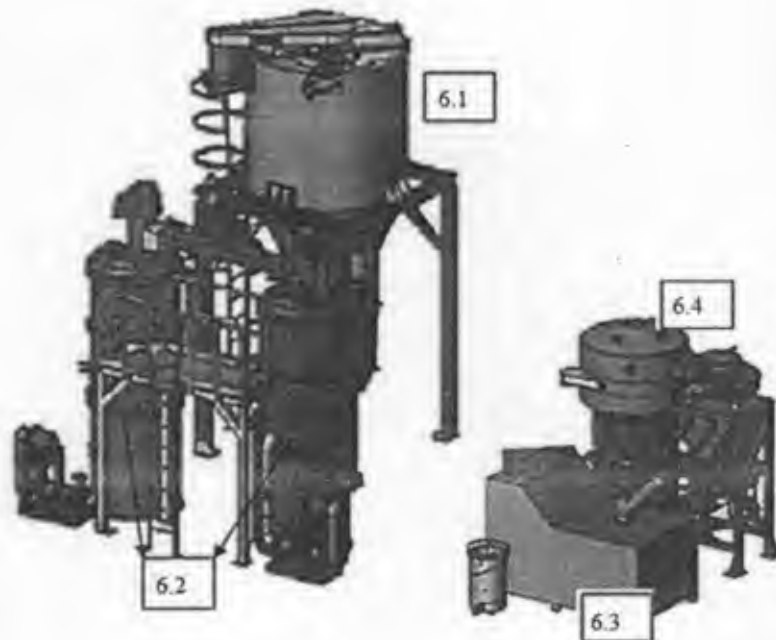
Además los agitadores promueven el contacto hojuela con hojuela en lugar de hojuela con la máquina de manera que se reduce el desgaste de los equipos.

Una vez terminado el batch de lavado, se descargan las hojuelas junto con los químicos hacia una centrífuga horizontal 6.3 (ver figura 5.7) que separa el agua con los contaminantes finos (arenas, restos de tapas y etiquetas).

Luego, esta agua con químicos pasa por un tamiz 6.4 (ver figura 5.7) para remover la mayor parte de los residuos particulados y se recircula al tanque de químicos que alimenta el reactor de lavado.

De la centrífuga horizontal, las hojuelas se dirigen a un tornillo sin fin, en donde son transportadas a otra centrífuga, a la cual se le inyecta vapor para ayudar a la remoción de goma en las hojuelas. Aquí, gracias a la fuerza centrífuga se escurren las hojuelas.

Todo esto bajo parámetros (pH, fracción sólido líquido, fricción mecánica, tiempo y temperatura) controlados estrictamente. Este equipo trabajará bajo presión para así reducir la temperatura que éste necesita alcanzar.



**Figura 5.7.** Diagrama de equipo para lavado en caliente.

**Enjuague y separación por flotación.**

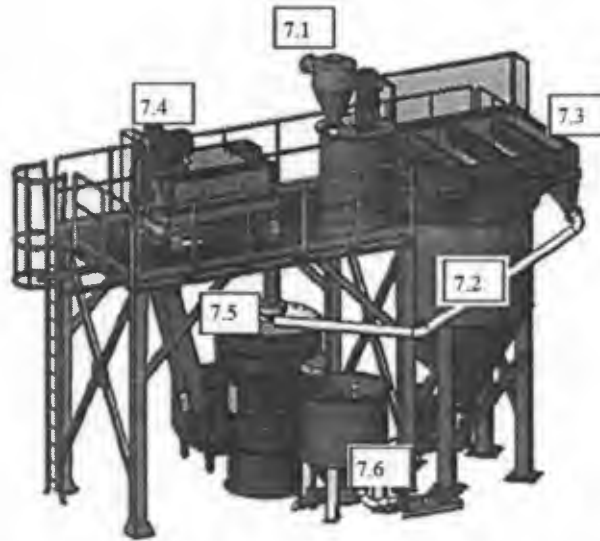
En esta etapa las hojuelas ingresan a un reactor de enjuague 7.1 (ver figura 5.8) con agua fresca que termina de remover los químicos de lavado.

Seguidamente, las hojuelas ingresan a un tanque separador 7.2 (ver figura 5.8). Un difusor de material a la entrada asegura que las hojuelas son dispersadas a través del tanque.

Luego, por densidad las hojuelas de PET caen al fondo mientras que otros polímeros más livianos ascienden y son removidos con unas paletas giratorias por la parte superior 7.3 (ver figura 5.8).

Las hojuelas de PET son sacadas por el fondo del tanque separador hacia una centrífuga horizontal 7.4 donde se escurren.

El agua que sale de la centrífuga pasa por un tamizador 7.5 (ver figura 5.8) que termina de filtrar el agua para enviarla a un tanque de almacenamiento 7.6 que recircula parte del agua hacia el tanque de enjuague.



**Figura 5.8.** Diagrama de tanque para separación por flotación.

### **Secado**

En esta sección, ocurre primero un secado mecánico mediante una centrífuga vertical 8.1 (ver figura 5.9) en donde se separa el agua residual.

Luego, son secadas por un secador de lecho fluidizado 8.2 (ver figura 5.9) con aire caliente, la temperatura del aire ronda los 170°C, proveniente de un ventilador con calefacción eléctrica 8.3.



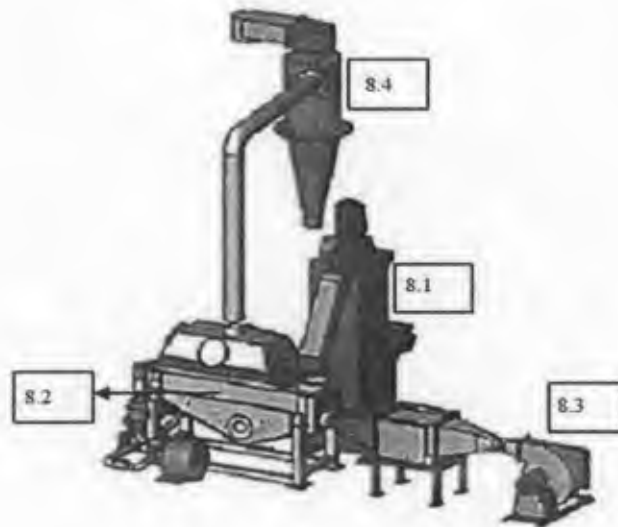


Figura 5.9. Diagrama de equipo de secado.

### Elutriador

Las hojuelas secas pasan a un silo mezclador, por medio de un transporte neumático, que se encarga de homogeneizarlas y entregar un flujo constante al elutriador (figura 5.10). Aquí se produce una separación en contracorriente con aire para reducir el contenido de finos y polvo residual. Las hojuelas caen debido a su peso y los polvos son succionados y sacados del proceso por la parte superior.

Este proceso es muy importante para obtener una hojuela libre de partículas de baja masa, que al ser sometidas a altas temperaturas en futuros procesos, pudieran quemarse y transformarse en partículas carbonosas (puntos negros).



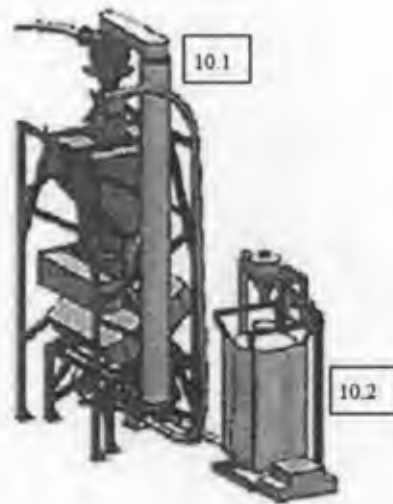
**Figura 5.10.** Diagrama de elutriador.

### **Selector automático**

El selector automático de hojuelas 10.1 (ver figura 5.11), que utiliza tecnología óptica, se encarga de que cada hojuela sea inspeccionada individualmente, donde una cámara digital procesa las imágenes y las compara contra parámetros establecidos. Cuando la hojuela no cumple, ésta es eyectada del sistema por aire proveniente de una válvula de aire presurizado.

Este selector es de dos pasos, lo que significa que las partículas rechazadas en el primer paso se re-inspeccionan en un segundo paso para reducir la cantidad de falso rechazo de PET, en virtud de que una hojuela que no cumpla con las especificaciones puede generar el rechazo de varias hojuelas aptas (falso rechazo).

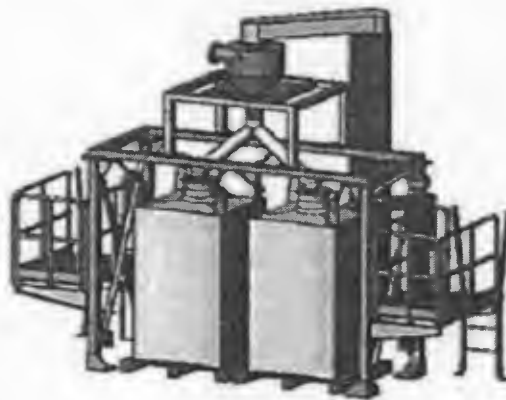
Las hojuelas rechazadas son enviadas a una estación de llenado 10.2 (ver figura 5.11) para ser vendidas como un subproducto.



**Figura 5.11.** Diagrama de clasificador de hojuelas por color.

#### **Estación de llenado**

Aquí se compactan las hojuelas ya limpias y se llenarán en bolsas grandes. Las hojuelas serán almacenadas hasta que sean autorizadas por control de calidad para ser introducidas en la línea de resina.



**Figura 5.12** Diagrama de estación de empaque en bolsas grandes.

### 5.2.3 Línea de resina

La tecnología para la obtención de resina grado alimenticio utilizada está aprobada por la Food and Drug Administration (FDA) estadounidense para contacto alimentario y cumple con la nueva norma EC 282/2008 de la Unión Europea sobre procesos de reciclado también para la industria alimentaria.

En esta línea, se otorga al material las propiedades físicas y químicas necesarias para la posterior utilización como materia prima en la elaboración de botellas grado alimentario. La tecnología en este caso es de origen austriaco, marca Erema, modelo Vacurema Prime Plus.

#### **Estación de llenado**

Consiste en un sistema donde se colocan las sacas, las cuales son elevadas y cargadas al alimentador de hojuelas. Del alimentador, las hojuelas pasan neumáticamente al silo alimentador del sistema, el cual está equipado con un medidor de nivel en la parte superior y un mezclador en la parte inferior el cual se utiliza para evitar atoramientos en el silo.

La estación de llenado cuenta con un sistema de pesaje que indica la cantidad de material que contiene el silo y la cantidad de material que está ingresado a cada precristalizador (KT).

#### **Secadores precristalizadores (KT)**

La línea de resina cuenta con dos secadores-descontaminadores-precristalizadores que trabajan en paralelo. Mientras uno se encuentra descontaminando, el otro está alimentando a la siguiente etapa del proceso, el reactor de repolimerización.

Cada KT cuenta con una compuerta de alimentación de material, la cual se cierra una vez está lleno el KT para iniciar el proceso de vacío. Una vez producido el vacío, las hojuelas permanecen en continuo movimiento giratorio mediante paletas rotatorias, lo que genera

calor por fricción con lo que el material se precalienta y se remueven los contaminantes orgánicos volátiles y humedad debido a la temperatura y succión de estos vapores.

La temperatura dentro de cada KT aumenta conforme se acerca al fondo, es por ello que el disco del fondo del KT es enfriado para evitar que el material se funda.

### **Reactor de repolimerización**

Dos compuertas permiten el paso del material a la cámara de vacío del reactor de repolimerización que hacen que mientras cada secador funciona por lotes, el reactor de repolimerización trabaja de forma continua (ver figura 5.13).

En el reactor la temperatura se eleva y se desgasifica el material. Aquí se inicia el proceso de repolimerización en fase fundida, donde la cadena del PET se restaura, por lo que la viscosidad intrínseca aumenta.

### **Sistema de extrusión**

La resina alimentada es reblandecida por acción del calor proveniente de resistencias eléctricas y por la fricción generada por el husillo giratorio. El extrusor tiene 3 zonas, la primera zona es la más fría, de manera que el material no se funda y se pueda generar presión suficiente para plastificarlo, homogeneizarlo y desgasificarlo y así el material llegue fácilmente hasta el final del extrusor. En la segunda zona la temperatura aumenta y en la tercera zona el material está completamente fundido. En todas las zonas se necesita un control de temperatura, para lograr esto se cuenta con un sistema de enfriamiento.

Gracias al pretratamiento que se dio al material en la primera etapa de repolimerización, el extrusor es corto, lo que hace que el material se encuentre menos tiempo expuesto a altas temperaturas que lo pueden degradar y por tanto se produce un material con una viscosidad intrínseca alta.

### Sistema de filtración

Este sistema es necesario para poder generar pellets ultra limpios. Son filtros con grandes superficies activas y una fineza de 32  $\mu\text{m}$ . Este sistema de filtración aumenta la contrapresión, mejorando así el mezclado y la homogenización en la extrusión.

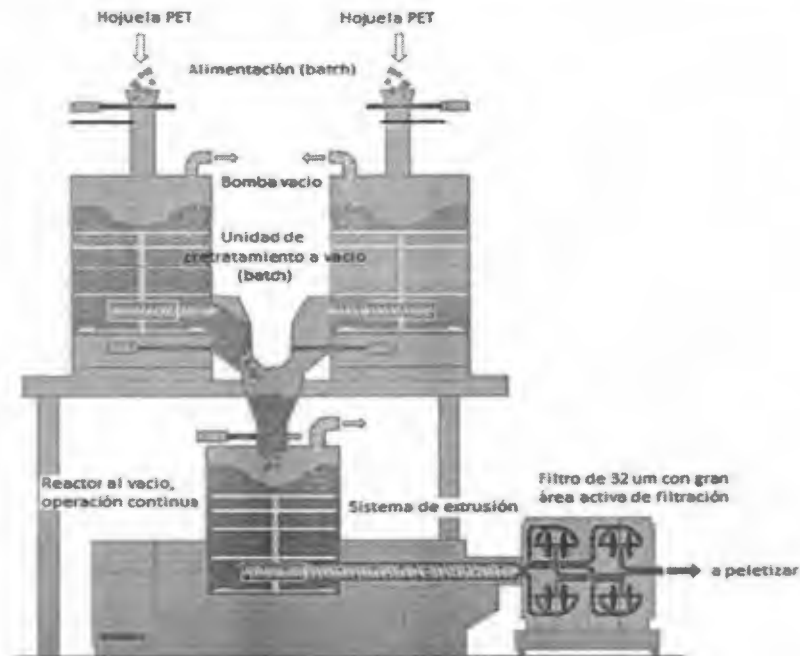


Figura 5.13. Descripción del proceso de repolimerización del PET.

### Peletizado

Las corrientes de plástico de la salida de los filtros se reúnen antes de ingresar a una matriz metálica, en la cual la temperatura es suficiente para asegurar una continuidad completa del material. Al pasar por la matriz de sección transversal el material pasa por pequeños agujeros con lo que se forman pequeñas tiras que son cortadas inmediatamente, y enfriadas con agua con lo que toman la forma de pellets esféricos. La temperatura del agua (alrededor de 40°C) es lo suficientemente fría como para lograr la solidificación de los pellets y evitar que estos se aglomeren entre sí, y lo suficientemente caliente para evitar

que los pellets tomen una estructura amorfa. Al final de esta etapa se mide la viscosidad intrínseca, la cual tiene que dar un valor sobre 0,8 dL/g.

Los pellets son separados del agua por medio de una centrífuga donde luego se dirigen a la etapa de cristalización.

### **Cristalizador**

Es necesario cristalizar el material porque en el plástico amorfo las cadenas de polímeros están desordenadas por lo que es propenso a aglomerarse a temperaturas más bajas que la de fusión en estado cristalino, lo que podría ocasionar problemas a los clientes en el secado de los pellets antes de la extrusión para formar las preformas.

Por lo tanto, en esta etapa se introduce el material en una cámara vibratoria donde se sopla con aire caliente en lecho fluido durante un tiempo determinado, con el fin de ordenar las cadenas en formas geométricas definidas (cristalizar). De esta manera se alcanza el estado cristalino (alrededor del 25% de cristalinidad).

### **Tamizador**

Luego de la cristalización los pellets pasan a un tamizador donde se separan los finos y los pellets de tamaño mayor a la especificación.

### **Empaque**

Los pellets se almacenan en bolsas grandes mientras esperan su categorización por parte del departamento de control de calidad. Este análisis incluye color, cristalinidad, cantidad de limoneno, viscosidad intrínseca, humedad y polvo presente.

## **CAPÍTULO VI. ESTADO CERO DEL PROYECTO E IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES**

Al ser una empresa nueva, que se pondrá en operación en los próximos meses, no se cuenta con un Plan de Gestión Ambiental (PGA). Este será el primer documento en materia medio ambiental y pretende ser una guía para futuros planes en este campo.

Lo primero que se hizo para proponer el plan de gestión ambiental fue sondear el interés por el medio ambiente que existe en los fundadores de la compañía. La empresa donde se propone este PGA es consciente, en su nivel directivo, de la importancia del crecimiento sostenible del negocio y que tener un buen sistema de gestión ambiental es vital para la supervivencia y prosperidad de ésta. Prueba de esto es que cuentan con una política de gestión integrada en la cual se comprometen a cumplir con todos los requisitos y regulaciones vigentes, así como demás compromisos que se hayan suscrito por la organización y los requisitos de inocuidad que se acuerdan con los clientes.

La empresa sabe que un sistema de gestión ambiental para que sea efectivo requiere una comunicación clara entre los departamentos. El descubrimiento de una nueva normativa o requisito que pudiera afectar a otras personas dentro de la organización debe ser comunicado. Así como también debe ser externados por los empleados de cualquier área de la empresa, los aspectos que consideren puedan generar impactos negativos hacia el medioambiente.

Ya se han definido las partes implicadas en el entorno de la compañía. Estas son:

- Empleados
- Accionistas
- Comunidad
- Gobierno
- ONGs



- Competencia
- Clientes

La determinación de aspectos e impactos ambientales se hizo para la etapa actual de “puesta en marcha” y la etapa operativa futura. Aquí se mencionarán todos los puntos del proceso que pudieran afectar el medio ambiente. En el siguiente capítulo se evaluarán los aspectos y se determinará si son significativos o no.

### **Criterios para la elaboración de la matriz de aspectos e impactos.**

En el análisis ambiental, algunos impactos traen implícito la afectación a la salud de las personas, un ejemplo de esto es la generación de polvo que contamina el aire afectando la salud de los trabajadores y vecinos. El impacto de salud a las personas se toma en cuenta en los aspectos de generación de plagas de forma explícita, ya que en todos los demás se considera como un impacto implícito.

El consumo de algún recurso como aspecto ambiental, se considera únicamente cuando es posible la generación de un plan para reducir su consumo, este es el caso de agua, combustibles, energía y papel, se dejan fuera algunos aditivos de lavado, que son indispensables para el proceso.

Muchos de los impactos que generan los residuos sólidos, como contaminación del suelo, agua y aire, dependen de su disposición final. En este análisis no se consideran los impactos fuera del área del proyecto, por lo que sólo se tomarán en cuenta los impactos que se generen en el tratamiento de residuos dentro de la planta. Sin embargo es importante recibir certificados por parte de los gestores que le garanticen a la empresa un adecuado tratamiento.

Para realizar el análisis la operación se divide en procesos, estos tienen actividades y cada una se analiza para ver sus aspectos e impactos ambientales. A continuación se describen los aspectos que se encontraron dentro de la matriz de evaluación ambiental. En el Apéndice 2 se presenta la totalidad de la matriz.

### **6.1 Identificación de aspectos e impactos en la etapa de “puesta en marcha”**

El impacto que tiene la puesta en marcha se ve disminuido significativamente gracias a que la empresa utilizará las instalaciones de una vieja planta en desuso. Será solamente necesario hacer modificaciones para adaptar el proceso productivo a esta infraestructura.

Se hizo un cambio de uso de las instalaciones para instalar una planta recicladora de plástico. Se aprueba por parte de la municipalidad el uso de suelo ya que se encuentra en una zona industrial.

Dentro de la propiedad existen facilidades como caminos de acceso asfaltados, mallas perimetrales, servicios públicos y zonas verdes.

Se utiliza la bodega ya existente para montar un área de oficinas y comedor, por lo que se demolerán paredes en un área de 375 m<sup>2</sup>, aquí se generan escombros y se da un agotamiento de recursos por el uso de material de construcción.

Existe también una planta de tratamiento de aguas, la cual contaba con permiso de funcionamiento por parte de las autoridades y reportes operacionales que se hacían periódicamente. Este antiguo sistema contenía primero un tratamiento físico-químico para remover partículas del agua, ajustar el pH, coagular y flocular, finalmente contaba con un proceso de lodos activados. El agua del personal se trataba en un sistema aparte de aireación extendida.

El sistema de tratamiento de aguas se adaptará al nuevo proceso, lo que evitará el impacto ambiental que se hubiera generado con la construcción de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales.

La única construcción que es necesaria para poner en marcha el proyecto es un planché de concreto de 600 m<sup>2</sup> para el acopio de material a reciclar. Esto necesitará un movimiento de tierra de máximo 1000 m<sup>3</sup>, no hay árboles en esta zona por lo que no habrá una afectación significativa a la flora y la fauna, sin embargo el uso de maquinaria pesada provocará

contaminación sónica y del aire. El movimiento de tierra hacia otro sector puede afectar el medio ambiente contaminando el suelo y el agua, además de afectar el paisaje.

Serán necesarios camiones y demás maquinaria pesada para el movimiento de tierra, lo que tendría como impacto la contaminación sónica, del aire y en el tráfico en la calle frente a la planta.

Chorrear la loza de concreto en una zona donde había tierra aumentará la escorrentía superficial de las aguas, con la posibilidad de que esto provoque un crecimiento en el río cercano que afecte zonas aguas abajo. Esta situación habrá que valorarla posteriormente.

Las **modificaciones a la planta existente** consisten en una remodelación para el área de oficinas, creación de drenajes (que conducen purgas de agua de las máquinas de producción a la planta de tratamiento de aguas residuales), modificación del techo de la planta (en una zona pequeña, para la colocación de máquinas que superan la altura actual), cambios y arreglos en la instalación eléctrica y trabajos de acabado y pintura.

En la remodelación se da la generación de desechos sólidos especiales de chatarra (láminas de zinc, hierro, etc), escombros (concreto piedras y arenas) que pueden afectar el paisaje y si se manejan de forma incorrecta afectarían el suelo y el agua.

Existe también generación de residuos sólidos peligrosos, desechos con químicos de pinturas y otros, entre los que se encuentran: latas de pintura, cubetas de plástico, cepillos de acero, esponjas, trapos, mechas, brochas, felpas y herramientas.

Los potenciales derrames de pintura, esmalte, removedor, diluyente y demás químicos utilizados en esta etapa también se consideran dentro de los aspectos ambientales y se evaluará su significancia posteriormente.

La **colocación de las máquinas** para la producción requiere de uso de maquinaria pesada, trabajos de soldadura (uso de oxiacetileno) y construcción de drenajes en el piso de la planta. Con estas actividades se impactará el aire con los gases generados por la maquinaria pesada, como grúas y camiones. También se generarán escombros, residuos

sólidos especiales, que si no se tratan adecuadamente afectarán el paisaje y contaminarán el suelo.

Otros aspectos generales que se presentan en la mayoría de las actividades del arranque son la contaminación sónica y la generación de residuos sólidos. El primero afectará a los trabajadores solamente, ya que la planta se encuentra dentro de una propiedad muy extensa con áreas verdes. El segundo es provocado por las bolsas de papel o plásticas, cartones y empaques en general.

Otro aspecto ambiental del movimiento de tierra es el levantamiento de partículas de tierra y de polvo lo que contamina el aire.

Un aspecto ambiental positivo a recalcar en este proyecto es la utilización de una infraestructura que estaba desatendida y que su deterioro a futuro podía representar peligros para la salud y seguridad de la comunidad.

## **6.2 Identificación de aspectos e impactos en la operación.**

Analizando cada punto dentro del diagrama de flujo del proceso productivo, se crean relaciones causa-efecto, estos corresponden a los aspectos y los impactos ambientales. Estos se exponen en la matriz de aspectos e impactos ambientales que se encuentra en el Apéndice 2.

En la *recepción de la materia prima*, la actividad de ingreso de camiones representa un aumento en la densidad vehicular en la calle frente a la planta y contaminación sónica en la zona. Se toman en cuenta posibles derrames de combustible, aceite o material a reciclar, daño a infraestructura que provoquen agotamiento de recursos y contaminación al suelo. Otro aspecto ambiental a considerar en esta etapa es el ingreso de plagas o de botellas con materia tóxica que provoquen daño a la salud de la personas o que afecten el buen funcionamiento de la PTAR.

Al almacenar los fardos en el planché previamente construido ocurrirá la lixiviación del material, que puede contaminar la aguas subterráneas por infiltración a la tierra si este no

se conduce adecuadamente a la planta de tratamiento de aguas residuales. El lixiviado junto con componentes putrefactos que vengan con las botellas a reciclar provocará malos olores que afecten la calidad del aire si este no se trata adecuadamente.

Una alta densidad de botellas a reciclar en el planché provocará una afectación al paisaje, ya que el material a almacenar es basura, elemento que las personas no quieren tener cerca de sus casas y sus familias. Es posible la generación de plagas en el lugar de almacenaje de fardos si no se toman medidas preventivas.

En la etapa de *lavado en caliente* consume vapor para lograr que la temperatura del tromel húmedo se mantenga a 80°C. Se espera un consumo significativo de agua de pozo.

Aunque en el prelavado y lavado se consume antiespumante, NaOH, vapor, y otros aditivos, esto no se considera como un aspecto ambiental ya que las cantidades de uso están establecidas por los fabricantes de las máquinas y sería imposible, por el momento, ahorrar en el consumo de estos.

En la *molienda en húmedo* se consume agua de pozo y se genera ruido proveniente del molino que provoca contaminación sónica, afectando así al personal que se encuentre en esta área.

El *lavado en caliente* es la etapa que más consume agua dentro de la planta y por medio de una chaqueta en el tanque de solución de lavado se consume vapor.

Para la etapa de *enjuague y separación por flotación* el consumo de agua de pozo es importante ya que se cuenta con un tanque de agua de enjuague, el cual se llena con agua fresca y con el reciclado proveniente del tanque de enjuague. A este último también se le introduce agua para ayudar en el proceso. Ver diagrama de proceso en Apéndice 1

En la línea de producción de resina rPET se encontraron algunas actividades con aspecto e impacto ambiental negativo.

Los *precrystalizadores (KT 1 Y KT 2)* y el *reactor de polimerización* presentan alto consumo de energía eléctrica y en ellos se generan contaminantes volátiles, algunos

solubles en agua y otros no. No se sabe con claridad los componentes que contenga el aire que sale.

El mecanismo de vacío diseñado para extraer los vapores de los KT1, KT2 y Reactor consume agua de pozo. Estos equipos requieren un sistema de enfriamiento, el cuál funcionará con un chiller (ver análisis de servicios de la planta)

El sistema de extrusión representa un consumo significativo de energía eléctrica por la temperatura y presión que le otorga al polímero fundido.

El *peletizador* consume agua potable para enfriar los hilos de PET provenientes de la extrusora.

En el *control de calidad*, producto de las pruebas físico-químicas que se hagan al material, se consumirá energía eléctrica, químicos y agua potable. Se generarán residuos líquidos y sólidos con químicos, los cuales deberán almacenarse adecuadamente para su tratamiento según su reactividad. En la pilas se generarán residuos líquidos con químicos y jabón que se dirigirán a la PTAR. Se producen vapores que son tóxicos.

El contacto que tendrá el personal con reactivos o plástico contaminado se considera que tiene un impacto en la salud de las personas, por lo que se establecerán medidas de seguridad en el laboratorio y equipo de protección personal.

Se considera como aspecto ambiental de esta actividad un posible derrame de reactivos que pueda contaminar el suelo, agua y aire o que afecte la salud de las personas por lo que se debe contar con los elementos necesarios para evitar o retener un derrame.

#### Análisis de los servicios de la planta

El *tratamiento de aguas* constituye un punto importante a revisar ya que aquí se generan desechos sólidos o lodos que son extraídos del agua y su manejo adecuado es de mucha importancia para el funcionamiento en equilibrio medioambiental de la empresa. Este sistema consumirá sales metálicas como coagulantes y polímeros como floculantes.

En esta zona es posible la generación de malos olores y la propagación de vectores si el tratamiento no es el adecuado.

Dentro de las posibles fallas se encuentran la rotura de una tubería que significaría la contaminación del suelo, agua y afectación de la salud de las personas; un crecimiento indeseado de los lodos activados ocasionaría la contaminación de agua que se vierte en el río Tiribí.

Para el *abastecimiento de agua de proceso y agua de refrigeración* se da la extracción y tratamiento de agua de pozo; lo que conlleva a un consumo de energía eléctrica, consumo de agua del manto freático y consumo de químicos suavizantes para el tratamiento. La planta ya cuenta con un tanque adecuado para el almacenamiento del agua.

El consumo de agua potable para el abastecimiento de la planta no representa gran impacto al sistema de la zona ya que se estima que este no sea mayor a  $50 \text{ m}^3/\text{mes}$ .

Para el abastecimiento de los sistemas de refrigeración se cuenta con un sistema de agua helada, el cual hace pasar el líquido por un chiller, donde se enfría utilizando el refrigerante R-410A. Esta actividad consume energía eléctrica.

La planta cuenta con un sistema de aire comprimido donde el principal aspecto ambiental es el ruido provocado.

La planta cuenta con un *generador de vapor* que funciona como una caldera pequeña, la cual consume Gas Licuado de Petróleo (GLP) para calentar el agua y producir lo que alimentará las líneas de vapor. Este sistema se adecúa a las necesidades de vapor, no consume grandes cantidades de combustible y genera menos gases contaminantes para la atmósfera si se compara con una caldera convencional de bunker.

Los aspectos de esta actividad son el consumo de agua de pozo, generación de gases de combustión, purgas con óxidos y carbonatos y consumo de GLP.

El mantenimiento del área del proyecto requerirá limpieza de planta, equipos, instalaciones y patios. Para esta actividad se consumirá agua potable, se generarán desechos sólidos

(trapos, cepillos, escobas, esponjas, guantes) y desechos líquidos (jabón, grasas y aceites). Se consideran los posibles derrames de los productos de limpieza que contaminarían el suelo, el agua y afectaría la salud de las personas.

Para la actividad de jardinería se consumirá gasolina para las cortadoras de césped y se generarán residuos sólidos (materia vegetal).

El mantenimiento de edificios y equipos consumirá oxiacetileno para soldaduras, aceites, grasas y refrigerantes. Se generarán desechos líquidos de estos compuestos, además de residuos sólidos (mascarillas, gorros, plásticos de empaque, envases, styrofoam, cables, tornillos, tuercas).

Se contará con área de bodega para químicos donde se almacenará Helio, Nitrogeno líquido, Hidróxido de Sodio, Amoniaco, Ácido sulfúrico y cilindros de Oxiacetileno. En el almacenamiento el aspecto ambiental es posibles derrames o fugas gaseosas de estas sustancias.

El combustible usado por montacargas y otras máquinas será el GLP, lo que representa un consumo de recursos. Para el almacenamiento del GLP se consideran posibles fugas en los tanques o en el llenado de cilindros pequeños. El gas usado genera menos emisiones que si se usara bunker u otros combustibles líquidos.

Al compartirse ciertos servicios con una empresa hermana, se considera el consumo de combustibles por traslado de personal.

Las actividades de oficina, comedor y baño consumen energía eléctrica, agua potable, material de oficina, fluorescentes y generan residuos sólidos especiales (cartuchos de tinta), sólidos ordinarios (papel, servilletas, envolturas, toallas de papel, plástico, tetrapack, material de oficina) y residuos sólidos de fluorescentes. Los residuos líquidos se generan por el uso de pilas e inodoros, estos residuos se tratan en un sistema aparte de aguas ordinarias.



El área productiva además cuenta con tomas de agua potable, iluminación, señalización de la planta y dispensadores de dispositivos de protección personal.

La planta colinda al oeste con una calle principal, al este con casas de habitación, al norte con una acequia y al sur con un gallinero. Por lo que se debe considerar los malos olores y propagación de vectores que se puedan generar en estos dos últimos.

El funcionamiento de esta industria tiene aspectos muy positivos, como el manejo adecuado de las botellas de PET, lo que significará menos desechos sólidos en los rellenos sanitarios, ríos, parques y playas de nuestro país.

La producción de rPET en Costa Rica hará que muchas compañías productoras de envases utilicen este polímero reciclado como materia prima, generando así una producción más limpia de botellas a nivel nacional.

Para la operación de la planta se abrirán cerca de cincuenta puestos de trabajo, esto beneficiará indudablemente a las familias que habiten cerca del área del proyecto. Además se crearán empleos indirectamente, producto de la actividad de acopio por parte de los proveedores de botellas.

#### 6.2.1 Desechos sólidos dentro de la operación.

En esta sección del análisis, la mayoría de desechos sólidos ordinarios y de manejo especial generados, solamente podrían contaminar el suelo y afectar el paisaje si se tratan inadecuadamente. No son nocivos, por lo que no representan un impacto directo en la salud de los seres vivos. Así mismo no contaminan el agua ya que, dentro de la planta, se disponen en un planché para residuos lejos de agua superficial.

Entre los desechos sólidos peligrosos se encuentran los fluorescentes, ya que estos contienen mercurio que se tienen que separar de la corriente de desechos ordinarios.

A continuación se presentan los diferentes desechos sólidos que se generarán y su clasificación según lo dispone la legislación.

**Cuadro 6.1.** Residuos sólidos ordinarios y especiales.

Residuo generado	Fuente de generación	Clasificación
<b>Residuos ordinarios no reciclables</b>	Actividades de oficina.	Ordinario
	Mantenimiento de edificios, equipo, limpieza y jardinería.	
	Tratamiento de aguas (lechos secos)	
	Utilización del comedor Baños	
<b>Etiquetas</b>	Acomodo y almacenaje de fardos. Proceso de lavado.	Especial
<b>Tapas plásticas</b>	Acomodo y almacenaje de fardos. Proceso de lavado.	Especial
Residuo generado	Fuente de generación	Clasificación
<b>Poliiolefinas</b>	Proceso de lavado	Especial
<b>Poliiolefinas contaminadas con tierra, arena y otros</b>	Proceso de lavado	Especial
<b>Tarimas usadas y madera</b>	Almacenaje de hojuelas. Almacenaje de productos finales.	Especial
<b>Mecate plástico de pacas</b>	Acomodo y almacenaje de fardos.	Especial
<b>Fleje plástico de pacas</b>	Acomodo y almacenaje de fardos.	Especial
<b>Papelería</b>	Actividades de oficina.	Especial
<b>Cartón</b>	Recepción de productos comprados. Almacenaje de materias primas.	Especial
<b>Envases tetrabrik</b>	Consumo por parte del personal.	Especial

**Cuadro 6.1 (continuación).** Residuos sólidos ordinarios y especiales.

Residuo generado	Fuente de generación	Clasificación
<b>Metales</b>	Separador de metales en la alimentación. Proceso de Lavado	Especial
<b>Vidrio</b>	Consumo por parte del personal. Proceso de lavado.	Especial
<b>Envases de aluminio</b>	Consumo por parte del personal. Proceso de lavado. Almacenaje de materias primas.	Especial
<b>Finos PET</b>	Proceso de lavado	Especial
<b>Finos y gruesos Rpet</b>	Proceso de resina	Especial
<b>Botellas de PET</b>	Consumo por parte del personal.	Especial
<b>Material no conforme (PET de otro color o degradado)</b>	Proceso productivo. Consumo por parte del personal,	Especial
<b>Equipo electrónico</b>	Actividades de oficina.	Especial
<b>Chatarra</b>	Mantenimiento de equipos. Construcción y remodelación.	Especial
<b>Cartuchos de tinta.</b>	Actividades de oficina.	Peligroso
<b>Batería de montacargas</b>	Proceso productivo.	Especial
<b>Llantas</b>	Proceso productivo.	Especial

**Cuadro 6.1 (continuación).** Residuos sólidos ordinarios y especiales.

Residuo generado	Fuente de generación	Clasificación
<b>Fluorescentes</b>	Actividades de oficina. Iluminación de la planta.	Peligroso
<b>Envases con desechos químicos (pinturas, aceites y químicos del laboratorio)</b>	Pruebas físicas y químicas en control de calidad. Mantenimiento de equipos.	Especial
<b>Filtros.</b>	Mantenimiento.	Especial
<b>Zacate y hojas</b>	Jardinería.	Especial
<b>Escombros</b>	Construcción y remodelación.	Especial
<b>Material de trabajo con impurezas sólidas de grasas y aceites (wipe, mechas tramos).</b>	Mantenimiento.	Peligroso
<b>Residuos de detergentes, jabones y agentes dispersantes.</b>	Almacenaje de materias primas.	Especial
<b>Lodos y grasas</b>	Tratamiento de aguas.	Peligroso

Según el decreto del manejo sobre características y listado de desechos los residuos peligrosos, los desechos de este tipo que se generan en las instalaciones son:

- Cartuchos de tinta - S192
- Fluorescentes – S001

- Material de trabajo con impurezas sólidas de grasas y aceites (toallas, mechas, trapos) - S083
- Residuos de detergentes, jabones y agentes dispersantes – S222
- Lodos del sistema de tratamiento de aguas – S235

#### 6.2.2 Desechos líquidos dentro de la operación

La generación de desechos líquidos del proceso podría contaminar el agua, lo que implicaría daño en la salud de las personas y contaminación del suelo, si no se cuenta con un plan de tratamiento de desechos líquidos.

Las aguas residuales provenientes del proceso contendrán: soda caustica, tenso activos, glucosa, tierra, arena, piedras, tapas etiquetas. También se toman en cuenta las aguas provenientes de la actividad de mantenimiento que contendrán: detergente, desinfectante, grasa y aceites lubricantes.

Se estima para las aguas de proceso un caudal máximo de 12 m<sup>3</sup>/h.

Las aguas residuales de tipo ordinario se trataran en una planta separada.

**Las aguas residuales de tipo especial se generan en:**

- Prelavado en caliente.
- Tratamiento del agua de la molienda en húmedo.
- Lavado en caliente.
- Enjuague y separación por flotación.
- Secado
- Peletizador
- Servicios (purga de vapor, generación de vacío)
- Mantenimiento de equipos e instalaciones.
- Pruebas de calidad en el laboratorio.
- Dispositivos de seguridad, ducha y lava ojos.

**Las aguas residuales de tipo ordinarias se generan en:**

- Duchas
- Servicios sanitarios
- Lavamanos
- Cocina.

En el lavado y prelavado se añaden los reactivos para limpiar las hojuelas, los cuales son libres de componentes aromáticos (anillos de benceno) y otras sustancias potencialmente peligrosas. Esta agua contiene:

- Azúcares
- Materia orgánica que contengan las hojuelas a lavar
- Aditivos
- NaOH
- Pocas cantidades de poliolefinas, finos
- Gomas

## CAPÍTULO VII. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES ENCONTRADOS.

### 7.1 Resultado de la matriz de significancia ambiental.

Se hicieron dos matrices, una para la etapa de puesta en marcha y otra para la etapa de operación, las cuales se muestran en el apéndice 1. A cada aspecto significativo se le asignará, en el siguiente capítulo, una o varias medidas para la prevención o mitigación de su impacto.

Un aspecto se considera significativo si el resultado de la significancia es igual o mayor que 15, según la fórmula utilizada:  $S = Po + 2xSv + Fr + 2xPp + Cr$ .

#### 7.1.1 Impactos significativos en la etapa de “puesta en marcha”

La afectación al paisaje producto del movimiento de tierra en la zona donde se deposite podría provocar malestar en la comunidad, por lo que este impacto se clasifica como significativo, con una calificación de 16.

Los impactos del uso de camiones se consideran significativos ya que la contaminación sónica, del aire y el impacto en el tráfico que se genera, tienen una percepción pública negativa, por lo que es necesario hacer un plan para el control de esto.

Dentro de los aspectos ambientales se consideró el aumento en aguas de escorrentía superficial en la actividad de fabricación de loza para almacenar fardos. La pequeñez de esta obra hace que el aumento de caudal superficial neto sea menor a un 10% referido al área de desfogue, por lo que la probabilidad de que esto provoque una inundación aguas abajo es casi nula, haciendo no significativo este impacto. Para esto se tomó como referencia el estudio hidrogeológico.

La generación de desechos sólidos especiales de chatarra y escombros tiene un impacto significativo en el paisaje, por lo que es de suma importancia su recolección periódica y

buen manejo, un tema que tendrá que ser incluido en el plan de manejo de desechos sólidos.

La generación de desechos peligrosos representa un aspecto ambiental significativo por la afectación al paisaje, la contaminación al suelo, agua y aire que podría llegar a provocar; por lo que se tendrá que incluir en el plan de acción.

La probabilidad y frecuencia con que ocurren los derrames de químicos para la construcción es muy baja por lo que su significancia corresponde a un valor de 14, no es necesario tomar alguna acción al respecto.

En la colocación de máquinas, sólo el impacto de afectación al paisaje por la generación de residuos sólido especiales es significativo, ya que al igual que varios de los impactos dentro del arranque su generación depende de un subcontratista, al que es más difícil prohibirle la reducción en la generación de estos desechos y también presenta una percepción pública negativa.

La contaminación sónica en el transporte de máquinas es un impacto a considerar significativo, su evaluación es de 18 puntos, esto debido principalmente a que se le califica con una severidad de tres. Tiene una mala percepción pública porque afecta directamente a los trabajadores y el control del ruido que se genere depende de un subcontratista.

La generación de residuos ordinarios y especiales afecta el paisaje de forma significativa, ya que hay una alta probabilidad, frecuencia y percepción pública.

El levantamiento de tierra y polvo se considera como un aspecto significativo ya que se han presentado muchas quejas por parte de los vecinos por el ensuciamiento y deterioro de la propiedad privada. Este aspecto ambiental se da en la mayoría de actividades en remodelación y obtiene una severidad de 16. Este es un ejemplo de como las quejas de los vecinos pueden convertir, bajo los criterios utilizados de evaluación, un impacto en significativo.



### 7.1.2 Impactos significativos en la operación de la planta

En el momento de la valoración de los impactos ambientales se está en el arranque, por lo que en la etapa de operación se pronostican los criterios de significancia.

El aumento de la densidad vehicular frente a la planta tiene como impactos significativos el ruido provocado por los camiones que genera contaminación sónica y la contaminación del aire. La calificación de percepción pública de dos para estos impactos hace que sean significativos. Por lo que se tomarán medidas para reducir esta situación.

El ingreso de plagas que se pueda dar con las botellas y que afectarían la salud de las personas es igualmente significativo. Lo mismo sucede con la posible entrada de residuos tóxicos dentro de las botellas los cuales podrían perturbar la salud de las personas dentro de las instalaciones y afectar la supervivencia de los microorganismos en el tanque de lodos activados y por ende el funcionamiento de la PTAR.

En el lugar de almacenamiento de botellas hay una alta probabilidad de que se generen plagas, principalmente roedores, esto es un aspecto significativo que tiene que cuidarse. Aquí pueden generarse malos olores que sean percibidos por los trabajadores y vecinos.

Hay una afectación al paisaje por el almacenamiento de las botellas de plástico antes de procesarlas. Las pilas de fardos en frente de la calle provocan un aspecto desagradable a la zona. Este impacto es significativo.

El ruido provocado por el molino de la etapa de molienda en húmedo se considera elevado, no se tienen mediciones de esto, por lo que se debe cuantificar periódicamente cuando la planta esté operando. Algunas máquinas de mantenimiento y los motores de los sopladores en la PTAR pueden igualmente generar este tipo de contaminación y que sea perjudicial para la salud auditiva del personal.

Los gases generados en la línea de resina presentan un impacto significativo en la salud de las personas porque no se tiene claridad de su composición. Se prevé la generación de contaminantes solubles en agua, estos serán disueltos en un tanque de agua por medio de

burbujeo. Después serán tratados como aguas de proceso en la PTAR. No se tiene conocimiento de los componentes que no se disuelven en agua y que se expulsarán en la chimenea. Esto hace que el aspecto sea de alta significancia. Se necesita un análisis de estos gases para ver la afectación que pueden tener en la salud de las personas o en el medio ambiente, ante el desconocimiento de su composición se les asigna una severidad máxima de tres.

Los vapores que se produzcan en el laboratorio, producto de los análisis químicos, tendrán un alto impacto en la salud de las personas y se considera como un aspecto significativo.

En el tratamiento de aguas se da un impacto negativo de propagación de vectores, esto por la materia orgánica que contiene el agua que puede servir de alimento para insectos y roedores, también los malos olores que se generen provocan una contaminación del aire, como se observa en la matriz estos aspectos tienen una percepción pública de dos que los hace significativos.

La utilización de R-410<sup>a</sup> como refrigerante en los chillers no provoca reducción en la capa de ozono, sin embargo presenta un índice GWP<sup>1</sup> de 1725 y se clasifica como clase A1 ASHARE standard 34-2004<sup>2</sup> por lo que no presenta grandes riesgos para la salud (ASHRAE, 2005). Sin embargo, su mantenimiento tiene que hacerse con cuidado, evitando la contaminación del agua y evitando las fugas de gas al ambiente.

Son significativas las actividades de control de calidad que producen vapores que son contaminantes y pueden afectar la salud de las personas.

El consumo de agua proveniente del pozo, que representa la mayor cantidad utilizada en el proceso, no es un impacto significativo, ya que se estima un consumo de 1,6 L/s, este pozo está en la capacidad de entregar 9,6 L/s por lo que se trabaja sin riesgo de un

---

<sup>1</sup> GWP: Global Warming Potential, por sus siglas en inglés. Medida relativa de cuánto calor es atrapado por un determinado gas de efecto invernadero en comparación con el CO<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Clase A: No ha sido encontrado la toxicidad en concentraciones menores a 400ppm por volumen. El número denota la flamabilidad, la clase I es para refrigerantes no inflamables a 21 °C y 101 kPa.

desabastecimiento de agua por disminución del manto acuífero. Además se cuenta con una concesión por 5,2 L/s por parte de la dirección de Aguas del Minaet.

Los filtros que se encuentran después de la extrusión del material fundido presentaron un impacto significativo en la salud de las personas, por lo que se deberán tratar adecuadamente.

Los impactos ambientales que se daría producto de una situación de emergencia no son significativos en este análisis, ya que la probabilidad y frecuencia de que ocurran son bajas, por lo que tienen una puntuación baja en la matriz ambiental. Esto no sucede con el desabastecimiento de agua que provocaría una afección a la salud de las personas por falta de higiene, ya que su probabilidad y severidad es mayor.

### **Desechos sólidos**

Una probabilidad y frecuencia de 3, aparte de una percepción pública de 2 hacen que la generación de desechos sólidos se clasifique como un aspecto significativo en su impacto de afectación al paisaje, por lo que se requiere un plan de manejo de desechos sólidos que se mostrará en el siguiente capítulo.

Algunos del tipo peligroso, como los animales muertos por el control de plagas, que son desechos bio infecciosos tienen una significancia mayor por la severidad del impacto.

### **Desechos Líquidos**

En la recepción y almacenaje de la materia prima se encontró que la generación de desechos líquidos por lixiviación de material presenta impactos significativos de contaminación del suelo y del agua. La severidad en este caso es máxima ya que estos desechos presentan una composición desconocida.

La generación de desechos líquidos en el tanque de solución de lavado en los procesos de prelavado y lavado en caliente presentan un alto impacto por la presencia de químicos de lavado como hidróxido de sodio, aditivos, tierra, arena, vidrio, poliolefinas y gomas. Es de suprema importancia el tratamiento adecuado de estas. Aunque para minimizar este

impacto el sistema se diseñó con una reutilización del agua de lavado en el prelavado, los dos procesos generan aguas contaminadas que deben tratarse antes de vertidas.

Otros aspectos que contaminan el agua son las pruebas físico-químicas de control de calidad, el uso de insecticidas para el control de plagas, estos no son significativos ya que la frecuencia de ocurrencia es baja y no presentan una percepción pública negativa.

## CAPÍTULO VIII. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

El fin de este plan es lograr un proceso productivo que mantenga un equilibrio ambiental adecuado y su impacto medioambiental mitigado.

A continuación se presentan las acciones que se han tomado para lograr mitigar los impactos de los aspectos significativos. Ver apéndice 3 con el Plan de gestión ambiental completo. En el cuadro 8.1 se plantean los meses de ejecución para cada medida.

Para mitigar el impacto del movimiento de tierra se formó un montículo dentro de la zona del proyecto, este montículo se cubrió con césped y jardín para crear un efecto visual positivo. El propósito de este montículo es también funcionar como pared visual y de aire entre la vía pública y el planché donde se almacenan los fardos.

Para mitigar el impacto del levantamiento de tierra y polvo se regará la zona donde se chorrea el planché y demás zonas verdes con agua de pozo tres veces al día.

Se hará un horario de ingreso de camiones en horas que no sean pico y se le pedirá a cualquier maquinaria que entre a la planta su permiso de circulación y revisión técnica vehicular aprobada.

Para lograr mitigar el impacto producido por la generación de residuos ordinarios, especiales y peligrosos se diseñó un plan de manejo de desechos sólidos.

Para lograr mitigar el impacto que puede tener la contaminación sónica en los trabajadores y evitar los accidentes laborales en general, se indica la utilización de dispositivos de protección personal, en específico orejeras, que disminuyan la exposición a altos niveles de ruido de los operarios en la zona.

Se contará con un plan de control de proveedores, esto con el fin de evaluar la calidad de la materia prima. Primero los proveedores tendrán que inscribirse y aceptar los Principios Rectores de la compañía. Cada vez que se ingrese material a la planta, se realizarán pruebas de calidad que determinarán el porcentaje de material en buen estado para el procesamiento.

La calificación del proveedor será establecida por la operación de reciclado con base en los certificados de calidad emitidos, así como la cantidad y constancia en que este envía material. Se recomienda que, con base en esta calificación, se establezca un sistema de incentivos.

La revisión de la calificación del proveedor se hará semestralmente y se le dará a conocer al proveedor mediante correo electrónico, visita al proveedor o en la próxima entrega de material del proveedor.

Se llevará a cabo un plan contra derrames, para este es necesario colocar un producto absorbente y no reactivo como el aserrín en contenedores colocados por todo el área de la empresa, especialmente en el área de almacenamiento de químicos o combustibles. Se estima que se necesitan 25 contenedores para abarcar el área del proyecto.

Para responder a un derrame dentro de la empresa se seguirán los siguientes pasos:

- 1) Evacuar personal de la zona afectada
- 2) Eliminar la fuente.
- 3) Acordonar zona afectada.
- 4) Detener el frente del derrame con el absorbente (aserrín), evitando que alcance el alcantarillado.
- 5) Recoger con una pala el material absorbido y depositarlo en los recipientes vacíos. Los cuales tendrán que sellarse y etiquetarse.
- 6) Limpiar y ventilar la zona
- 7) Reponer material absorbente
- 8) Levantar un informe del incidente.

Al final de cada mes se presentara un reporte de incidentes a la gerente de cumplimiento para su análisis y accionar en caso de ser necesario.

**Cuadro 8.1.** Cronograma de actividades para mitigar aspectos ambientales generales.

Actividades	Mes de ejecución					
	1	2	3	4	5	6
Formación de montículo	X					
Riego de zonas para evitar levantamiento de polvo	X	X	X	X	X	X
Ingreso controlado de camiones	X	X	X	X	X	X
Compra de dispositivos de protección auditiva	X			X		
Revisión de la clasificación de proveedores.		X				X
Informe con incidentes de derrames o fugas.	X	X	X	X	X	X

### 8.1 Plan de manejo de desechos sólidos.

#### 8.1.1 Manejo interno de los residuos sólidos generados.

Se contratará a una empresa, la cuál será la responsable del acopio y disposición de los residuos que se generan. Esta empresa se comprometerá a llevar los residuos generados a diferentes centros autorizados para su revalorización o tratamiento y entregar a la compañía de esta propuesta los certificados de disposición correspondientes.

En todas las etapas del proceso productivo y áreas administrativas se contará con recipientes adecuados para la recolección y separación de los residuos sólidos.

Una vez que el contenedor dispuesto para cada residuo alcanza su capacidad máxima es retirado por el operario de mantenimiento y llevado a la bodega de residuos. En la bodega el operario de la empresa contratista los compacta y los acopia según su clasificación.

Dicho traslado, dependiendo de las condiciones, puede efectuarse bajo dos modalidades:

- **Traslado Manual:** considera únicamente el transporte de los contenedores de hasta 120 litros y deben contar con ruedas que faciliten su traslado. La manipulación de los contenedores en forma manual sólo se hará cuando el peso total no exceda 30 kg.
- **Traslado mecanizado:** si el peso fuese mayor a 30 kg, los contenedores se moverán por medio de montacargas, también puede considerarse el traslado por medio de camionetas.

### 8.1.2 Almacenamiento

El almacenamiento contará con dos etapas:

#### Primera etapa:

Se cuentan con depósitos (recipientes) para los diferentes tipos de residuos cerca de las zonas donde estos se generen. Estos depósitos estarán rotulados para contener un residuo dado.

#### Segunda etapa:

Se contará con una bodega en las afueras de la planta para la colocación y almacenamiento temporal de los residuos sólidos. El área será techada y estará sobre un piso de concreto para impedir la contaminación del suelo. Cada tipo de residuo se trasladará a esta zona y es aquí donde permanece hasta que la empresa contratista lo compacte, si es necesario, y lo recoge.

En la bodega de almacenamiento, se destinará un área aparte para los residuos peligrosos y se tomará en cuenta la compatibilidad de los materiales para su ubicación dentro de esta zona.



### 8.1.3 Disposición final de los residuos

Para el manejo final de los desechos sólidos generados la empresa contratista se encargará de transportar los residuos a las compañías que los tratan. Se presenta un cuadro de explicación de la disposición final.

**Cuadro 8.2.** Disposición final de los residuos sólidos.

Residuo	Manejo dentro de la planta	Destino
Residuos ordinarios no reciclables	N/A	Relleno Sanitario
Etiquetas	Se compacta	Recyplast/Cemex
Tapas plásticas	Se compacta	Recyplast/Cemex
Polvo de resina	Se colocan en sacas	Cemex
Tarimas usadas y madera	N/A	Población (como donación)
Mecate plástico pacas	Se compacta	Mi tasa S.A.
Fleje plástico pacas	Se compacta	FIDECA S.A
Fleje Metálico	Se compacta	GEEP CR
Papelería	Se compacta	Kimberly Clark
Cartón	Se compacta	Empaques Santa Ana
Envases tetrabrik	Se compacta	Kimberly Clark
Otros plásticos (HDPE, PVC y otros)	Se compacta	Mí Tasa S.A.
Vidrio	Se quiebra en estaciones	Vicesa
Envases de aluminio	Se compacta	GEEP CR
Botellas PET	Se llevan a la línea de alimentación del proceso.	La empresa

**Cuadro 8.2 (continuación).** Disposición final de los residuos sólidos.

Residuo	Manejo dentro de la planta	Destino
Material no conforme (PET de otro color o degradado)	Se compacta	Mi Tasa S.A.
Equipo electrónico	N/A	Geep C.R.
Chatarra	N/A	Geep C.R.
Cartuchos de tinta y tóners	N/A	Geep C.R.
Batería de montacargas	N/A	Geep C.R.
Llantas	N/A	Empresa contratista
	N/A	Servicios
Fluorescentes		Ecológicos MBB SA
Desechos con químicos (pinturas y químicos del laboratorio)	N/A	Geocycle
Filtros.	N/A	Geocycle
Zacate y hojas	N/A	Geocycle
Escombros	N/A	Geocycle
Material de trabajo con impurezas sólidas de grasas y aceites (wipe, mechas tramos).	N/A	Geocycle
Residuos de detergentes, jabones y agentes dispersantes.	N/A	Geocycle
Lodos y grasas	Los lodos se secan en un lecho de secado.	Relleno Sanitario

#### 8.1.4 Transporte

El transporte de los residuos estará a cargo de la empresa contratista la cual recogerá el material ya compactado y lo entregará a las empresas que posteriormente lo tratan. Los

desechos cuyo destino sea el relleno sanitario serán retirados dos veces por semana por los camiones recolectores que operan en el cantón.

#### 8.1.5 Sistema de tratamiento

El tratamiento es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el propósito de reducir su nocividad para la salud humana, para controlar su agresividad ambiental y hacer más rentable su gestión.

El tratamiento final de los desechos sólidos será por parte de las compañías donde estos se coloquen, cada una de ellas cuenta con los permisos del Ministerio de Salud para esta tarea y se les solicitará los certificados de disposición final.

Dentro de la planta no se efectuarán tratamientos de desechos sólidos con excepción a los residuos de PET que es el fin del proceso productivo de esta empresa.

#### 8.1.6 Estrategia de organización

##### **Proceso interno de manejo y control**

Para lograr minimizar los impactos que generan, sobre el medio ambiente, los residuos sólidos se crea una estructura organizativa dentro de la gestión ambiental de la empresa.

Se contará con operarios de mantenimiento los cuales se encargarán de la recolección en las distintas zonas de la generación y transporte hasta la bodega de almacenamiento.

La empresa contratista se encarga de la compactación y transporte de los residuos fuera de la planta.

El jefe de logística se encargará de la coordinación del transporte de los residuos sólidos con la empresa contratista en el momento que sea necesario.

Para lograr un manejo interno adecuado de los desechos se desarrollarán las siguientes actividades:

- Charla de capacitación sobre reciclaje. Se impartirá por el encargado del sistema de gestión de la empresa. La actividad busca capacitar al personal, tanto de la planta

como de oficina, para que se sientan involucrados con la gestión ambiental y aprendan como separar correctamente los desechos.

- Colocación de afiches y demás material visual sobre reciclado en las instalaciones. Así se reforzará lo impartido en la charla de capacitación y se recordará siempre a los trabajadores la importancia del reciclaje.
- Clasificación de los residuos sólidos ordinarios. La planta contará con recipientes impermeables distribuidos uniformemente y rotulados para el reciclaje.

Para mitigar o prevenir el impacto de los aspectos significativos se llevarán a cabo acciones correctivas o preventivas, las cuales se exponen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8.3.** Acciones para mitigar los impactos de los aspectos significativos en materia de desechos sólidos.

Aspecto ambiental significativo	Acciones dentro del Plan de Desechos Solidos
Generación de chatarra (láminas de zinc, PVC, madera, hierro, acero)	Entrega de residuos a empresa para su reutilización.
Generación de escombros (concreto, piedras, arena)	Entrega de residuos a empresa para su reutilización.
Generación de residuos ordinarios (bolsas de papel, plásticos de empaque y cartones)	Entrega de residuos a empresa para su reutilización, charlas de capacitación sobre reciclaje, procesar las botellas de PET de la campaña de reciclaje, reprocesar el material de descarte del proceso para optimizar la recuperación de PET
Generación de recipientes con químicos (Latas de pinturas, cubetas de plástico, cepillos de acero, esponjas, trapos, mechas, felpas, herramientas)	Se separaran del resto de residuos y se le entregaran a la empresa recolectora.

**Cuadro 8.3. (Continuación) Acciones para mitigar los impactos de los aspectos significativos en materia de desechos sólidos.**

Aspecto ambiental significativo	Acciones dentro del Plan de Desechos Sólidos
Desechos sólidos recogidos en la limpieza de las rejillas de la PTAR.	Capacitación al personal del correcto uso de los servicios sanitarios.
Generación de desechos de madera por tarimas.	Reparación de tarimas para su reutilización.
Generación de residuos de sacas.	Reutilización de las sacas utilizadas en el empaque.
Generación de malos olores por almacenaje de residuos sólidos.	Se colocará una barrera vegetal para evitar la afectación de vecinos, ubicación adecuada de los residuos, tiempos adecuados para la recolección de los desechos.
Generación de vectores por almacenaje de residuos sólidos.	Además de almacenar de manera adecuada, se implementará un control de plagas en toda la planta.

### **Responsable**

El encargado de ejecutar este plan correctamente dentro de la empresa es el Jefe de Logística.

El personal de mantenimiento es responsable de mantener limpia de residuos la planta, las oficinas y áreas de trabajo.

La empresa contratista se compromete a la recolección de los desechos sólidos como mínimo una vez por semana. Con esto se mantendrá la bodega de desechos en orden y limpia.

Todos los miembros de la compañía deberán estar informados de este plan y es responsabilidad de ellos seguir los lineamientos aquí dictados.

### **Período de Implementación**

El período de implementación del presente plan será de seis meses. Al cumplirse este plazo se harán mejoras necesarias con el fin de que el funcionamiento de la empresa en el campo de la gestión de desechos sólidos sea el que se adecue a los requerimientos de la gestión sostenible.

Los indicadores se presentarán, estilo informe escrito mensualmente. El responsable de que el plan se cumpla es el Gestor Ambiental de la empresa.

### **Cronograma**

Para cumplir con todas las actividades que se propusieron en el plan se presenta un cronograma.

**Cuadro 8.4.** Cronograma de actividades del Plan de Manejo de Desechos Sólidos.

Actividades	Mes de ejecución					
	1	2	3	4	5	6
Charla de capacitación sobre reciclaje	X		X		X	
Colocación de material visual sobre reciclaje	X			X		
Clasificación de los residuos sólidos ordinarios			X	X	X	X
Entrega de residuos ordinarios y especiales a empresa para su reutilización.			X	X	X	X
Capacitación a los operarios de la actividad de selección manual de botellas.	X		X		X	

#### 8.1.7 Consideraciones generales del plan de manejo de desechos sólidos.

- Los residuos sólidos que contengan líquidos deberán ser escurridos previamente a depositarse en los recipientes.
- El traslado de los desechos sólido se hará en recipientes en buen estado, evitando así el derrame de estos.
- Los desechos sólidos de cualquier tipo, no se acumularán fuera de lugares destinados para este fin.

### 8.2 Plan de manejo de desechos líquidos.

#### 8.2.1 Manejo interno de los residuos sólidos generados

Se recolectan todas las aguas de la planta con drenajes y se transportan a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Las aguas ordinarias se llevan a la PTAR por medio de tuberías.

#### **Almacenamiento:**

En la planta no hay almacenamiento de residuos líquidos ya que estos se tratan inmediatamente en la PTAR.

#### 8.2.2 Disposición final de los residuos

La planta cuenta con un *pre tratamiento físico químico*, seguido de un *tratamiento de lodos activados* y por último un *tratamiento para los lodos residuales*.

#### 8.2.3 Sistema de tratamiento de aguas

El sistema de tratamiento de aguas de proceso de la empresa se encuentra dentro de sus instalaciones.

### Sistema de tratamiento de aguas del proceso

La planta cuenta con un *pre tratamiento físico químico*, seguido de un *tratamiento de lodos activados* y por último un *tratamiento para los lodos residuales*.

- Pre tratamiento físico químico.

La primera etapa de la planta de aguas residuales es en un desarenador de canal (sedimentador primario) donde se separan las partículas pesadas y luego las aguas siguen hacia un filtro rotatorio. De aquí van a un tanque de homogenización y regulación de 50 m<sup>3</sup>, se regula el pH agregándole soda cáustica para mantener siempre un pH básico.

Hasta aquí el sistema está pensado para soportar el caudal máximo de la planta: 12 m<sup>3</sup>/h; a partir de este punto el sistema se diseñó para un caudal de 6 m<sup>3</sup>/h. El tanque de 50 m<sup>3</sup> funciona como amortiguador de flujo.

Las aguas siguen por un sistema de coagulación-floculación-sedimentación que consta de:

- ✓ Un tanque de coagulación al que se le agregan sales metálicas como coagulantes.
- ✓ Un tanque de neutralización, donde se lleva el pH a siete.
- ✓ Un tanque de floculación en el que, gracias a la adición de polímeros floculantes, se forman flóculos relativamente grandes y pesados.
- ✓ Dos sedimentadores en serie en donde los flóculos se depositan en el fondo de estos.

Los lodos en el fondo de los dos sedimentadores son transportados y posteriormente depositados en un lecho de secado. Mientras que por la parte superior del último sedimentador salen las aguas que son llevadas al sistema de lodos activados.

- Tratamiento con lodos activados:

Este sistema consta de un tanque de aireación donde se le inyecta aire por la parte inferior y se dispersa por todo el tanque gracias a discos difusores colocados en el fondo. Ocurre la descomposición de la materia orgánica gracias a microorganismos facultativos en un proceso aerobio.



El agua con sólidos y bacterias en suspensión pasa a un sedimentador seguido de un clarificador, donde los lodos se sedimentan y son recirculados a la entrada del tanque de aireación. Para mantener la concentración de microorganismos constante es necesario purgar el lodo en exceso, este se lleva al sistema de tratamiento de lodos. Posterior al tratamiento de lodos activados se vierte el efluente en el Río Tiribi.

- Tratamiento de lodos:

Los lodos se llevarán a un digester de lodos donde se oxidan de 40-50% de estos y luego se colocan en el lecho de secado.

El lecho de secado de la planta cuenta con un techo y consta de una capa de piedra de río seguida de una capa de arena. En la superficie de la arena se colocan los lodos para que las aguas contenidas en estos se recojan en un drenaje que las lleva al sistema de tratamiento de aguas de tipo ordinarias y lograr así un lodo más seco.

Los lodos secos serán depositados en la basura del servicio municipal.

#### **Sistema de tratamiento de aguas de tipo ordinaria.**

El tratamiento de aguas del personal es independiente al anteriormente descrito. Las aguas de la cocina pasan por una trampa de grasas y luego son dirigidas a una rejilla de 2 cm entre rejillas. Las aguas provenientes de las duchas, lavamanos, inodoros y dispositivos de seguridad son llevadas directamente a la rejilla de 2 cm. De aquí las aguas pasan a un sistema de lodos activados de aireación extendida.

Este sistema consta con un tanque de aireación principal, un segundo tanque de mezcla aeróbico, un sedimentador y un clorador. El lodo sedimentado es recirculado al tanque de aireación y cuando el volumen de este es muy alto, puede bombearse una parte al digester de lodos.

El efluente del proceso es descargado al río Tiribí.

#### 8.2.4 Reportes operacionales presentados

Según el Decreto 26042 en su cuadro 4 del apéndice, los reportes operacionales de la planta de tratamiento para aguas de tipo especial se presentarán cada tres meses.

El responsable de la generación y entrega de estos reportes es el Jefe de Mantenimiento de la empresa.

Según este mismo decreto los reportes para aguas de tipo ordinario serán entregados anualmente.

Los reportes deberán incluir:

- ✓ Registro de aforos.
- ✓ Registro de análisis de laboratorio.
- ✓ Registro de accidentes y situaciones anómalas.
- ✓ Evaluación del estado actual del sistema.
- ✓ Plan de acciones correctivas.

Al verter las aguas a un cuerpo receptor los reportes serán entregados ante la División de Saneamiento Ambiental de Ministerio de Salud.

#### 8.2.5 Estrategias de organización

##### **Proceso interno de manejo y control.**

Se cuenta con una estructura organizativa, para el manejo de aguas, dentro de la empresa. Esta es liderada por el jefe de mantenimiento, el cual velará por la buena disposición de los desechos líquidos.

Para la toma y procesamiento de muestras de aguas se responsabiliza al jefe de calidad, el cual velará por un adecuado tratamiento de las muestras e informará al jefe de mantenimiento, con un informe, sobre las características físico químicas del agua de desecho del proceso.

Las muestras serán tomadas por el operario de la planta de tratamiento de aguas. Este operario estará debidamente capacitado y se encargará además del monitoreo y el mantenimiento de la PTAR. Será responsabilidad de este avisarle al jefe de mantenimiento cualquier imprevisto que surja dentro de la planta.

### **Responsables**

El jefe de mantenimiento será el responsable de que todo lo especificado en este plan se ejecute correctamente y evaluará el sistema de tratamiento periódicamente.

El jefe calidad será responsable de darle seguimiento a lo relacionado con los análisis químicos de las muestras y coordinar con el laboratorio acreditado el muestreo para el reporte operacional.

El operario de la planta de tratamiento será responsable del registro de aforos y de acciones y situaciones anómalas.

### **Periodo de implementación**

El período de implementación del presente plan será de seis meses, ver cuadro 8.5. Vencido el plazo, este plan se debe revisar y modificar según nuevas experiencias.

**Cuadro 8.5.** Acciones correctivas de los aspectos significativos dentro del Plan de Manejo de Desechos Líquidos.

Aspecto ambiental	Acción correctiva o preventiva	Periodo
Separación de contaminantes en las botellas arrastrados por el agua y soda caustica (tierra, arena, vidrio) en el prelavado.	PTAR con desarenador en el tratamiento de aguas.	6 meses
Consumo de agua en el prelavado en caliente.	Reciclar el agua usada en el lavado en caliente para el prelavado.	6 meses
Separación de contaminantes (gomas, azúcares) en el lavado.	PTAR con proceso de lodos activados para disminuir la materia orgánica.	6 meses
Consumo de agua en el lavado.	Se recomienda hacer ciclos de agua de lavado o utilizar el agua tratada de la PTAR para el proceso.	1 año
Generación de residuos de laboratorio (residuos líquidos peligrosos).	Colocación de recipientes, dentro del laboratorio, para verter estos residuos peligrosos. Neutralizar desechos líquidos.	6 meses
Uso de insecticidas para el control de plagas.	Uso de insecticidas biodegradables.	6 meses

## **CAPÍTULO IX. ESTIMACIÓN DE COSTOS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL.**

Para cada acción establecida en el PGA se agregan elementos de costos (tareas). En el apéndice 5 se encuentra la Matriz de estimación de costos. Esta incluye aspecto ambiental, acción para mitigar o reducir su impacto, las tareas que se llevarán a cabo para lograr la acción y el desglose de cada elemento de costo.

Algunas de las medidas a tomar en este PGA no representan ningún costo adicional para la empresa de estudio, ya que se consideran dentro de su presupuesto de puesta en marcha u operación. Tal es el caso de:

- Implementar un sistema de horarios para el ingreso de camiones.
- Permitir la entrada de camiones con Revisión Técnica vehicular e implementar el horario para el ingreso de camiones.
- Control de proveedores.
- Mano de obra para el control de plagas.
- Reutilización del agua de lavado.
- Compra de capilla para el laboratorio.
- Construcción de tanque para almacenar agua.

Las acciones se numeraron con un ítem para su mejor explicación. A continuación se detallan estos ítems:

**Ítem 1 y 10. Construcción del Montículo:** La tierra extraída en la nivelación del terreno para la construcción de la loza de concreto se utilizará en la formación del montículo, que funcionará como barrera visual entre la zona de almacenaje de fardos y la calle principal.

El costo de la formación del montículo es de \$15,169.20. Este incluye movimiento de tierra (\$ 7,219.20) y la siembra de zacate (\$ 7,950.00). La información fue brindada por la empresa, mediante una cotización realizada por una compañía constructora, tomando en cuenta que el costo por movimiento de tierra es de \$ 15.04 por metro cubico y para la

siembra de zacate es de \$6.36 por metro cuadrado. Estos precios incluyen maquinaria y mano de obra.

**Ítems 2 y 5. Sistema de horarios para el ingreso de camiones que tengan la revisión técnica vehicular al día:** Esto no representará un costo adicional ya que el personal utilizado para esta tarea ya está contratado por la empresa como seguridad y encargado de la entrada.

**Ítem 3 y 12. Protección auditiva:** Se hará la compra de equipo de protección auditiva, específicamente orejeras industriales, la cuales tienen un costo de 19 dólares, según cotización realizada a la empresa. En el primer mes se hará una compra inicial por 75 unidades y en el tercer mes se comprar 25 más. El costo total para 100 orejeras es de 1,900 dólares. Esto para abastecer de protección auditiva a los 55 empleados que trabajan en la producción. Se compran adicionales para remplazar cualquiera que sufra algún desperfecto y para recibir invitados o personal administrativo que entre al área de producción.

**Ítem 4. Riego:** Para evitar el levantamiento de polvo y la contaminación del aire, en la etapa de puesta en marcha se diseñó un sistema de riego con tuberías y aspersores para mojar el área tres veces al día. El costo del sistema de riego se estima en 410 dólares. El aumento en el recibo del agua se prevé en 30 dólares mensuales.

**Ítem 6. Control de proveedores:** Como medida de prevención para el ingreso de plagas y/o tóxicos dentro de la botellas a reciclar, se llevará a cabo un control de proveedores con el fin de evaluar la calidad del material entregado. Esto no consiste en un costo adicional para la empresa ya que se realizará dentro de las funciones del área de cumplimiento. Ítem 6 de la matriz de estimación de costos.

**Ítem 7. Construcción del planché para la zona de almacenaje de fardos:** Para llevar a cabo esto se toma en cuenta la cotización de una constructora donde se estimó un costo total de \$80,880, esto se desglosa en \$3,124 para la construcción de la sub base de 10 cm de espesor; \$15,414 para la construcción de la base granular de 50 cm de espesor y

\$62,340 para la construcción de la loza de concreto superficial con refuerzo. Todos estos costos incluyen maquinaria y mano de obra.

**Ítem 8. Control de plagas.** Se comprarán trampas para roedores, se prevé la compra de 50 unidades en el primer mes, posteriormente otra compra de 50 unidades más en el mes tres. El costo de cada trampa es de \$1.75 por lo que las cien trampas tendrán un costo de \$175. Para la fumigación, una vez al mes, durante seis meses, se utilizarán 10 galones de insecticidas, cuyo costo es \$55 por unidad. La mano de obra se considera dentro las tareas del equipo de mantenimiento, el cual ya está considerado dentro del presupuesto de la compañía. El costo total para el control de plagas asciende a \$725.00 para los seis meses de vigencia del presente PGA.

**Ítem 9. Control de olores.** La compra de un producto eliminador de olores que será rociado en la zona de almacenaje de fardos, se estima gastar 15 galones en los primeros tres meses, luego se utilizarán 15 galones en los restantes tres meses, el costo de este producto es \$25 por galón, por lo que esta tarea necesita una inversión de \$750 dólares en compra de producto controlador del olor.

Se sembrarán árboles cada cuatro metros alrededor de todo el perímetro de la PTAR de 60 metros. Se plantarán 15 árboles en dos días por un jardinero, jornada laboral de 8 horas al día. Los árboles tienen un costo de \$300, mientras que la mano de obra se estima en \$192. El costo total de esta acción se estima en \$ 492.

**Ítem 11. Sistema de recirculación del agua desechada en el lavado hacia el prelavado:** Al haberse considerado una recirculación de agua del 30% en el diseño de las maquinarias, esto no representará ningún costo adicional dentro del PGA.

**Ítem 13. Llevar un control del ruido emitido.** Se contratara una empresa para la medición de los decibeles emitidos una vez al mes, el costo de cada visita será de \$120, las cuales se harán dos veces al mes. El costo total es de \$1440.

**Ítem 14. Equipo de protección laboral.** El uso de equipo de protección consiste en la compra de guantes lentes y tapabocas. Toda esta indumentaria tendrá un costo de \$1427, que se desglosa en: 500 guantes, 110 lentes y 500 tapabocas.

**Ítem 15. Colocación de capilla de laboratorio y sistema de reposición de aire.** Los asociados a esto no se toman en cuenta dentro del PGA ya que la capilla está presupuestada como equipo de laboratorio y la planta posee extractores para la reposición del aire.

**Ítem 16. Contingencia de derrames.** Se compraran 50 kilos de aserrín, 25 el primer mes y posteriormente en el tercer mes otras 25. El costo por kilo es de \$0.50 por lo que la totalidad del material se estima en \$25, a esto se le agrega el costo de los 20 recipientes que se colocaran en todo el área del proyecto, especialmente donde se almacenen químicos o combustibles. El costo de esta acción será de \$45.

**Ítem 17. Construcción de tanque para almacenar agua.** Esto se considera sin costo alguno, ya que se adecuara un tanque en desuso, pero en buenas condiciones, perteneciente al antiguo proyecto de la fábrica.

**Ítem 18. Plan de manejo de desechos sólidos.** El contrato firmado por la empresa encargada de la gestión de los residuos sólidos establece que los costos del manejo de dichos desechos corren por cuenta de la contratista, la cual se beneficiará posteriormente con la comercialización de los residuos valorizables.

**Ítem 19. Plan de manejo de desechos líquidos:** En cuanto a los desechos líquidos, se estima un costo por modificaciones y reapertura de la planta de tratamiento de aguas de \$150.000. Para la PTAR se tomó como referencia el diseño provisto por un ingeniero consultor. Se estima un costo por compra de químicos de \$1,000 por mes, por lo que durante los seis meses del plan se invertirán \$6,000 por este rubro. El costo total del plan de manejo de desechos líquidos es de \$156,000.

Se estima un costo total de \$259,387.70, esta inversión se hará durante los seis meses de duración de este plan.



### **Comparación de costo/beneficio del plan.**

Este plan busca minimizar el desperdicio de los recursos sin bajar la calidad del producto. Un ejemplo es la recirculación del agua utilizada en el proceso de lavado en el de prelavado, por medio de un sistema de bombeo que recirculará hasta el 30% del recurso hídrico.

Con el plan de contingencia de derrames, se ahorra en el tratamiento de residuos líquidos, ya que se previene una caída súbita de la calidad de las aguas residuales, que atente contra el buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento.

Con este PGA la empresa mejorará la calidad de los productos mediante controles y procedimientos. Con el control de proveedores se evaluará constantemente la calidad del material provisto, se tendrá el criterio necesario para el rechazo a determinado proveedor o dar incentivos a los que entregan con altos estándares de calidad.

Al comprometerse con las acciones indicadas en este documento se mejorará la imagen ante las partes interesadas: comunidad, empleados, clientes, gobierno, accionistas y ONGs. Esto facilitará la obtención de servicios financieros y la obtención de seguros más accesibles. Los bancos e inversionistas se ven más atraídos por compañías certificadas medioambientalmente y que cuenten con una buena imagen hacia la sociedad en general.

Se asegura el control y cumplimiento del gran número de requisitos legales con los que cuenta Costa Rica, esto evita pérdidas económicas producto de demandas o multas.

Con estándares medioambientales altos la empresa tendrá ventaja frente a competidores alcanzando nuevos mercados, tal es el caso del mercado europeo que es muy exigente al aceptar a una empresa como suplidora de productos. Un potencial cliente para esta compañía son las embotelladoras de refrescos, estas son empresas de alimentos con altos estándares de calidad. Por lo que contar con la norma ISO 14001 es de vital importancia para las ventas.

## CAPÍTULO X. CONCLUSIONES

La implantación de este proceso productivo en la industria nacional mantendrá un equilibrio ambiental adecuado, no sólo por las medidas de mitigación tomadas dentro del proceso, sino también por la actividad productiva. Esta minimiza la contaminación por desechos sólidos en el país, al impulsar el reciclaje de plástico PET.

Existe una conciencia en la dirección de la empresa sobre la importancia del crecimiento sostenible, prueba de esto es la política de gestión integrada que sigue la empresa, en la cual se compromete a cumplir con todos los requisitos y regulaciones vigentes.

Se encontraron aspectos significativos en la etapa de puesta en marcha y también en la de operación. Entre los que cuentan con mayor severidad son la afectación del paisaje, producto al movimiento de tierra para la construcción de la loza de concreto. La baja probabilidad y frecuencia con la que ocurren algunos aspectos ambientales hacen que estos no obtengan un puntaje significativo, tal es el caso de los posibles derrames de químicos.

Los impactos que se podrían provocar por la puesta en marcha se ven reducidos ya que se operará en una antigua planta, por lo que las construcciones más grandes ya están hechas. Sin embargo se encontraron algunos aspectos significativos a los cuales se les estableció un plan de acción. Estos son los movimientos de tierras, uso de camiones y maquinaria en general que provocan la generación de ruido y afectan la fluidez vehicular de la zona, también hay generación de residuos sólidos ordinarios, especiales y peligrosos.

La materia prima del proceso son desechos sólidos, por lo que es de gran importancia controlar la calidad de estos en la entrada. Si no se diera este control se estaría en riesgo de introducir enfermedades a la planta, además de hacer el proceso más costoso por la intensidad del lavado que tendría que aplicarse. Se evaluarán los proveedores y se recomienda incentivar aquellos con que cuenten con alta calidad del material y constancia en sus entregas.

Por las características del proceso productivo se estudió con detalle el impacto que se pudiera generar a las fuentes de agua. Se descarta un impacto significativo al manto

acuífero, ya que se utilizará a un 17% de su capacidad de entrega. Sin embargo la contaminación del agua utilizada si se considera como un impacto significativo, el cual se mitigara con la planta de tratamiento de aguas residuales colocada.

Para lograr mitigar los impactos relacionados con desechos líquidos y sólidos, se creó un plan de manejo, el cual cuenta con un periodo de implementación de seis meses. En el Plan de manejo de desecho sólido se especifica el uso final de cada desecho, mientras que en el plan de manejo de desechos líquidos describió una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que logre neutralizar los contaminantes antes de verter el efluente al río, además de medidas para el ahorro del recurso hídrico.

## CAPÍTULO XI. RECOMENDACIONES

Es importante que cada trabajador en la planta tenga la capacidad de identificar un impacto ambiental. Para esto se requiere una adecuada capacitación sobre sistemas de gestión ambiental y la confección de una hoja donde se pueda sugerir impactos ambientales. Estas deberían ser analizadas posteriormente por el área de cumplimiento de la empresa y decidir si toman en cuenta para futuros PGA.

Es posible que se produzcan gases en los pre cristalizadores y en el reactor de polimerización que no sean solubles en agua ni afines al carbón activado. Se debe hacer un estudio de gases para aclarar esta situación y si fuere el caso, implementar un sistema de separación aparte.

Los sólidos del tratamiento de aguas se clasifican como residuos ordinarios ya que no se cuenta en el país con un tratamiento adecuado de estos, típicamente las industrias los colocan en la basura ordinaria para que sea el servicio municipal los que se encarguen. Se recomienda revisar la tecnología periódicamente, buscando en el futuro poder entregarlos a una compañía que los trate adecuadamente.

Aunque se vio que el consumo de agua de pozo no es significativo se recomienda llevar un control de esto, donde se propongan metas de consumo. Esto por una motivación económica y de ahorro de recursos. Lo mismo sucede con el consumo de energía eléctrica.

Debido al alto riesgo de incendio que representa el plástico, se recomienda contar con un programa contra incendios y evacuación de personal.

## BIBLIOGRAFIA

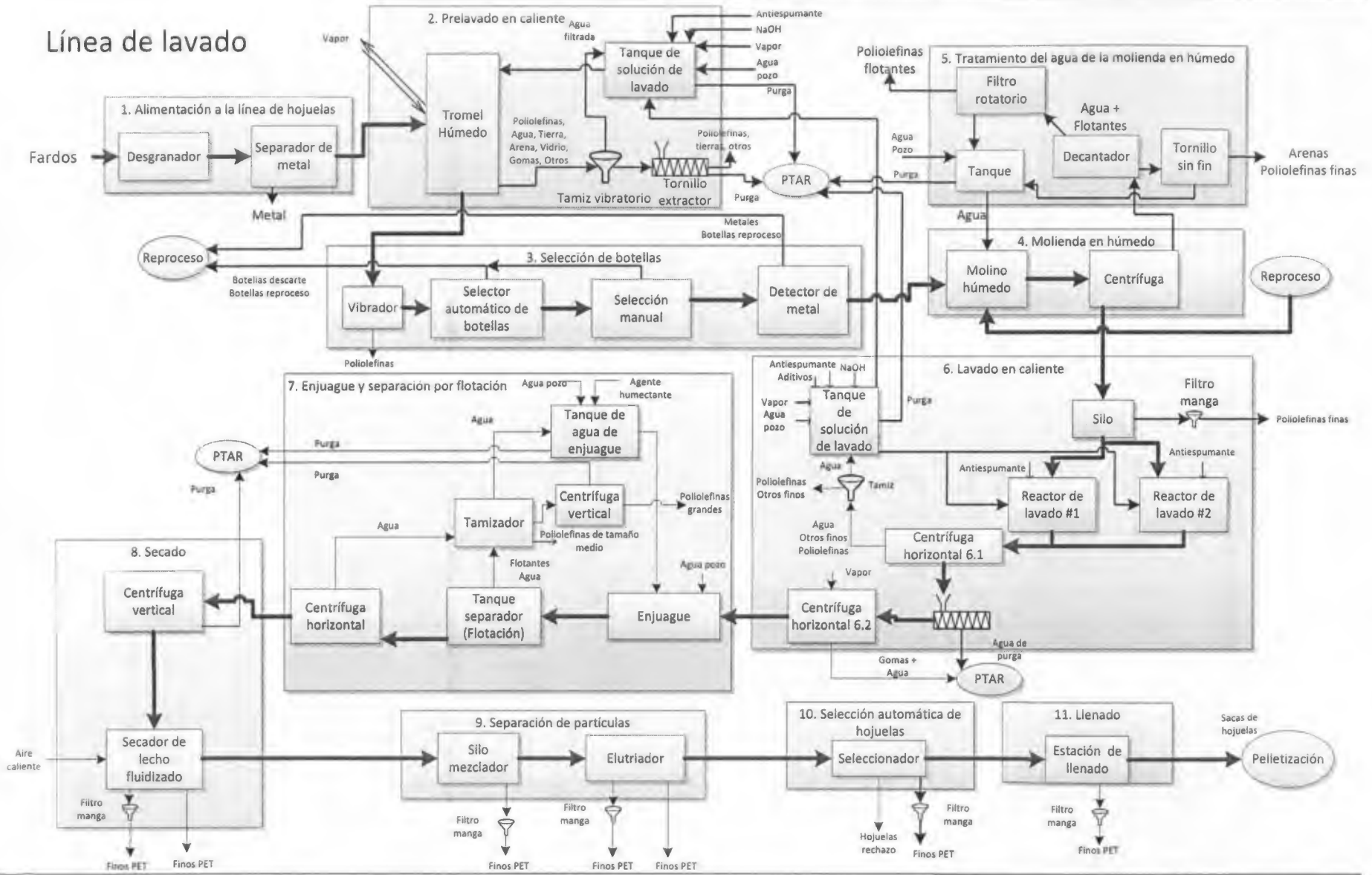
- Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales, Decreto 27000 (Poder Ejecutivo 29 de Abril de 1998).
- PRESOL, Plan de Residuos Sólidos. (2007). Costa Rica.
- Decreto 36093-S Reglamento de manejo de residuos sólidos ordinarios. (17 de Julio de 2010).
- Proceso de reciclaje del PET*. (30 de mayo de 2011). Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>
- AIMPLAS, Instituto tecnológico del plástico y ECOEMBES. (Julio de 2008). *Situación actual y perspectivas del uso de PET reciclado para envases en contacto con alimentos*. Recuperado el 08 de Agosto de 2013, de Ecoembes: [http://www.ecoembes.com/es/documentos-e-informacion/estudios-idi/Documents/PI%C3%A1sticos/INFORME\\_FASE1.pdf](http://www.ecoembes.com/es/documentos-e-informacion/estudios-idi/Documents/PI%C3%A1sticos/INFORME_FASE1.pdf)
- ASHRAE. (2005). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Handbook, Fundamentals. Atlanta, GA, Estados Unidos.
- Automatismo Industrial. (2008). *Automatismo Industrial*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2012, de Infotmación Técnica PET: [http://www.st-1.com.ar/info/Informacion\\_de\\_PET.pdf](http://www.st-1.com.ar/info/Informacion_de_PET.pdf)
- Bruice, P. (2008). *Química Orgánica, 5ta Edición*. México D.F.: Pearson Prentince Hall.
- Bustos, D. (2009). *Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A. C.* Recuperado el 2013 de Mayo de 13, de <http://www.ciceana.org.mx/contenido.php?cont=407>
- Callister, W. (2007). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Clements, R. (1997). *Guía completa de las normas ISO 14000*. Barcelona: Prentice Hall.
- Conesa, V. (2009). *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A.
- Inhobe, Sociedad pública de gestión ambiental. (2009). *Identificación y evaluación de aspectos ambientales*. Bilbao: Edita Inhobe S.A.
- LASEDA. (2008). *LASEDA. Unidad de Negocio Químico- Plástico*. Recuperado el 18 de diciembre de 2012, de [http://www.laseda.es/data/publicaciones/2008/pet\\_dossier.pdf](http://www.laseda.es/data/publicaciones/2008/pet_dossier.pdf)

- Madrigal, T. (2011). *Sistema de Gestión Ambiental ¿Qué es la serie ISO 14000?* San José: Editorial Mil Copias.
- MINAE. (1998). *Reglamento sobre las Características y el Listado de los Desechos Peligrosos Industriales*. Obtenido de Costa Rica Health and Safety, and Environment.
- Minaet. (2008). *Manual de instrucciones para la elaboración de planes de gestión ambiental en el sector público de Costa Rica*. San José.
- Ministerio de Salud. (2003). *Guía para la elaboración del Plan de Manejo de Desechos*. Código: MS-DPAHGPMDS-051. Obtenido de <http://www.meic.go.cr/tramites/espanol/10/PSO.pdf>
- Ministerio de Salud. (2003). *Guía para la elaboración del Plan de Manejo de Desechos*. Código: MS-DPAHGPMDS-051. San José.
- Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios N° 36093-S*. Obtenido de Sistema Costarricense de Información Jurídica.
- MINSA, M. d. (28 de Mayo de 2008). Decreto 34728-S Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento por parte del Ministerio de Salud. Costa Rica.
- MINSA, M. d. (s.f.). *Página oficial del Ministerio de Salud*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de Proyecto de ciudades limpias: [http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/ciudades%20limpias/pro\\_ciudades03.htm](http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/ciudades%20limpias/pro_ciudades03.htm)
- Ojeda. (30 de Mayo de 2011). *Tecnologiadelosplasticos.blogspot*. Recuperado el 2014 de noviembre de 27, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>
- Pérez, P., & Múñera, V. (2007). *Reflexiones para implementar un sistema de gestión de la calidad (ISO 9001:2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Raimond, B. (2002). *Introducción a la Química de los Polímeros*. Barcelona: Revetré, S.A.
- Unión Europea, U. (20 de Abril de 2009). *Europa, sitio oficial de la Unión Europea*. Recuperado el 9 de Mayo de 2013, de Síntesis de la legislación de la UE: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/other/l28022\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/other/l28022_es.htm)

**Apéndice 1. Diagramas del proceso productivo.**

# Producción de resina reciclada de PET

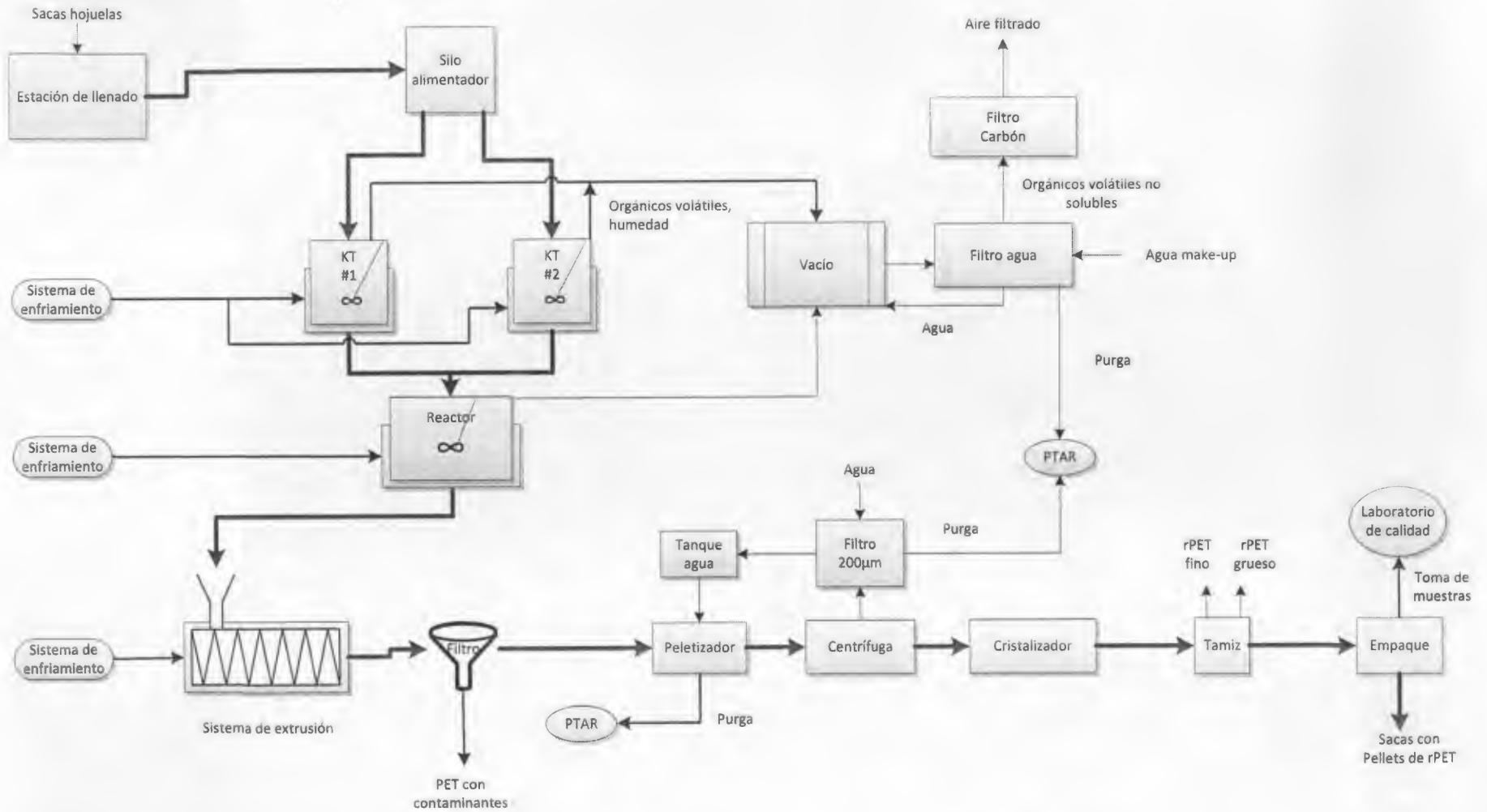
## Línea de lavado





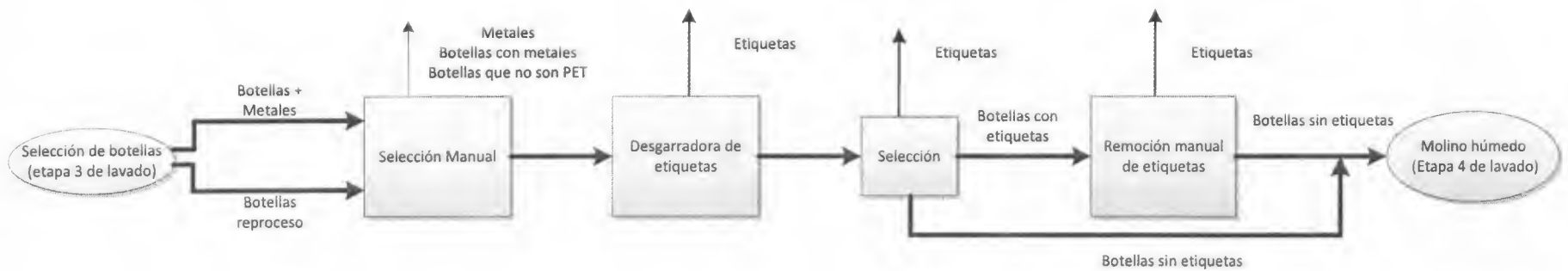
# Producción de resina reciclada de PET

## Línea de Resina



# Producción de resina reciclada de PET

## Reproceso



**Apéndice 2. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales**

Matriz de evaluación de aspectos ambientales	
<u>Identificación de aspectos ambientales y de Salud</u>	
Se realiza un diagrama de flujo de las diferentes áreas operativas de la organización para identificar las actividades de la empresa. En cada una de estas se determinan aquellos aspectos que pueden poner en riesgo el ambiente o la salud de los trabajadores. Para la definición y calificación de los aspectos ambientales y de salud significativos se realizan reuniones con el Equipo de Trabajo, en las cuales evalúan las actividades sus aspectos y sus impactos, con el objeto de calificar su significancia.	
<u>Criterios de Significancia Ambiental y de salud y seguridad de los trabajadores.</u>	
<b>Po</b>	<b>Probabilidad de ocurrencia de "incidentes" (accidentes o eventos no deseados).</b>
1	puede ocurrir solamente en condiciones extremas, tales como: incendios, terremotos, inundaciones.
2	puede ocurrir si el operario está distraído y le falta capacitación y/o concientización, si usa malas técnicas o procedimientos, o si el equipo está en mal estado.
3	puede ocurrir bajo las condiciones normales de operación.
<b>Sv</b>	<b>Severidad del Impacto.</b>
0	Sin impacto detectable al medio ambiente.
1	tiene un impacto mínimo para la salud o medio ambiente, el impacto es fácilmente remediable y no causa mayores daños o costos; generalmente no requiere mayores controles para minimizar o prevenir su ocurrencia.
2	tiene un impacto limitado o de corto plazo para la salud o medio ambiente, es relativamente fácil de prevenir pero caro de remediar si ocurre; requiere controles para minimizar o prevenir su ocurrencia.
3	tiene un impacto directo y dañino en el ambiente/personas o cuando no conocemos lo suficiente para evaluar el daño.
<b>Fr</b>	<b>Frecuencia</b>
3	Ocurre tres veces por semana o con mayor frecuencia.
2	Ocurre en forma regular, mensualmente
1	Ocurre rara vez
<b>Pp</b>	<b>Percepción Pública</b>
1	No existen denuncias ni quejas por parte de la comunidad, autoridades y/o trabajadores
2	Existe preocupación por parte de la comunidad, autoridades y/o trabajadores
<b>Cr</b>	<b>Control</b>
3	Incontrolable
2	El control está bajo el proveedor o subcontratista.
1	Se ejerce o podría ejercer un control directo por parte de la empresa.
<b>S</b>	<b>Significancia</b>
S=	$Po+2xSv+Fr+2xPp+Cr$
Un aspecto se considera significativo si el resultado de la fórmula es igual o mayor que 15	

### Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales. Etapa de Operación

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Pa	Sv	Fr	Pp	Cr	S
Recepción y almacenaje de materia prima	Ingreso de camiones por el portón principal	Aumento en la densidad vehicular en la calle frente a la planta	Contaminación sónica	3	2	2	2	2	15
			Contaminación del aire	3	3	2	2	2	17
		Ingreso de plagas	Afectación a la salud de las personas	3	2	3	2	2	16
		Ingreso de botellas con residuos tóxicos	Contaminación del agua (por daño a M.O. del tratamiento de aguas)	3	3	2	2	2	17
			Afectación a la salud de las personas	3	3	2	2	2	17
	Acomodo y almacenaje de fardos	Generación de desechos líquidos por lixiviación del material	Contaminación del suelo	3	3	3	2	1	21
			Contaminación del agua	3	3	3	2	1	21
		Generación de plagas	Afectación a la salud de las personas	3	3	2	2	1	16
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	3	2	3	2	1	15
		Pilas altas de fardos	Afectación al paisaje	3	2	3	2	1	15
Alimentación a la línea de hojuelas	Generación de residuos sólidos en separador de metales	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	16	
Pre lavado en caliente	Generación de desechos líquidos (NaOH, aditivos, tierra, arena, vidrio, poliolefinas y gomas)	Afectación al paisaje	3	2	3	2	1	15	
		Contaminación del agua	3	3	3	2	1	17	
	Generación de residuos sólidos (Poliolefinas, tierra, otros)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	16	
Línea de hojuelas	Selección de botellas	Generación de residuos sólidos en el vibrador (poliolefinas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	16
		Generación de residuos sólidos en la selección manual y automática (botellas descarte, botellas reproceso)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	16
		Generación de residuos sólidos en detector de metales (metales, botellas reproceso)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	16

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Pb	Sv	Fr	Pp	Cr	S
	Molienda en húmedo y tratamiento de agua de molienda.	Generación de ruido en el molino	Contaminación sónica	3	3	3	2	1	7
		Generación de residuos sólidos en tornillo sin fin (arenas y poliolefinas finas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	7
		Generación de residuos sólidos en filtro rotatorio (poliolefinas flotantes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	7
		Generación de desechos líquidos en el tanque de agua (purga)	Contaminación del agua	3	2	3	2	1	7
Línea de hojuelas	Lavado en caliente	Consumo de agua de pozo	Agotamiento de recursos	3	3	3	1	1	15
		Generación de residuos sólidos en tamiz (Poliolefinas y finos)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de residuos sólidos en filtro manga del silo alimentador a reactores de lavado (Poliolefinas finas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de desechos líquidos en tanque de solución de lavado (NaOH y aditivos)	Contaminación del agua	3	3	3	2	1	15
	Enjuague y separación por flotación	Generación de residuos sólidos en tamiz (Poliolefinas medianas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de residuos sólidos en centrifuga vertical (Poliolefinas grandes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
	Secado	Generación de residuos sólidos en el secador de lecho fluidizado y filtro manga (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Separación de partículas	Generación de residuos sólidos en el filtro manga del silo mezclador (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1
	Selección automática de hojuelas		Generación de residuos sólidos por separación de hojuelas no aptas	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1
		Generación de residuos sólidos en el filtro manga del seccionador (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Po	Sv	Fr	Pp	Cr	S
Línea de hojuelas	Llenado	Generación de residuos sólidos en el filtro manga de la estación de llenado (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	13
		Generación de residuos sólidos por tarimas dañadas o en desuso	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	13
		Generación de residuos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	13
Línea de resina	Alimentación a la línea de resina (llenado y silo)	Generación de residuos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	13
	Precristalizadores y reactor de polimerización	Generación de desechos líquidos en el filtro de agua (gases solubles)	Contaminación del suelo	3	3	3	1	1	15
			Contaminación del agua	3	3	3	1	1	15
			Afectación a la salud de las personas	3	3	3	1	1	15
	Generación de contaminantes volátiles no solubles en agua	Contaminación del aire	3	3	3	2	1	17	
Línea de resina	Filtración del material fundido	Generación de residuos sólidos (filtros con PET y contaminantes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
	Tamiz	Generación de residuos sólidos (rPET finos y gruesos)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
	Empaque	Generación de desechos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
Control de calidad	Pruebas físicas y químicas	Generación de residuos sólidos en los análisis (plásticos analizados)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de vapores y gases (químicos volátiles y gaseosos)	Afectación a la salud de las personas	3	3	3	2	1	17
	Material rechazado	Generación de residuos sólidos de manejo especial	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
	Almacenamiento de químicos	Posibles fugas de químicos	Contaminación del suelo	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del agua	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del aire	2	3	2	2	1	15
			Afectación a la salud de las personas	2	3	2	2	1	16

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Po	Sv	Fr	Pp	Cr	S
Almacenamiento se sustancias peligrosas	Almacenamiento de combustibles	Posibles fugas de combustibles almacenados	Contaminación del suelo	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del agua	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del aire	2	3	2	2	1	15
	Llenado de cilindros	Posibles fugas de combustibles en el llenado	Contaminación del suelo	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del agua	2	3	2	2	1	15
			Contaminación del aire	2	3	2	2	1	15
Tratamiento de aguas residuales	General	Generación de malos olores	Contaminación del aire	3	2	3	2	1	15
		Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	3	2	3	2	1	15
	Tanque de aireación	Generación de ruido por sopladores	Contaminación sónica	3	2	3	2	1	15
Servicios	Generador de vapor	Consumo de LPG	Agotamiento de recursos	3	3	3	1	1	15
	Mantenimiento de edificios	Generación de residuos sólidos ordinarios para la actividad (mascarillas, gorros, plásticos de empaque, envases, estacones, Stereofoam, cables, tornillos, tuercas) y de consumo de personal (servilletas, envases de PET, tetrapack, tapas plásticas, aluminio, papel)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Ruido provocado por maquinaria.	Contaminación sónica	3	2	3	2	1	15
Mantenimiento, limpieza y jardinería	Mantenimiento de equipos	Generación de residuos sólidos ordinarios para la actividad (mascarillas, gorros, plásticos de empaque, envases, estacones, Stereofoam, cables, tornillos, tuercas) y de consumo de personal (servilletas, envases de PET, tetrapack, tapas plásticas, aluminio, papel)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de desechos líquidos de la actividad de mantenimiento de equipos (Aceites, grasas, refrigerante)	Contaminación del agua	3	3	3	2	1	17
		Generación de residuos sólidos especiales (cartuchos de tinta)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15



Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Po	Sv	Fr	Pp	Cr	S
Gestión Administrativa	Actividades normales de oficinas	Generación de residuos sólidos ordinarios (papel, servilletas, envolturas, toallas de papel, plástico, tetrapack, material de oficina)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de desechos de fluorescentes para iluminación.	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
Comedor	Uso de las instalaciones del comedor	Generación de desechos de fluorescentes para iluminación.	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
Comedor	Uso de las instalaciones del comedor	Generación de residuos ordinarios (servilletas, envolturas, toallas de papel, plástico, tetrapack, material de oficina)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
Baños	Uso de baños en las instalaciones	Generación de residuos sólidos	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
		Generación de residuos líquidos	Contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
Uso de Montacargas	Uso de Montacargas	Generación de residuos sólido especiales por uso de llantas	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	3	2	2	1	16
			Afectación a la salud de las personas	3	3	2	2	1	16
Emergencias	Accidentes	Fugas de vapor	Afectación a la salud de las personas	2	3	2	2	1	15
Desabastecimiento de agua potable	Falta de higiene	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	2	3	2	2	1	15
Área productiva	Iluminación	Generación de desechos peligrosos (fluorescentes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	2	3	2	1	15
	Protección personal	Generación de desechos ordinarios	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	3	3	2	2	1	16
Actividades de las propiedades vecinas	Gallinero (sur)	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	3	3	3	2	3	19
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	3	2	3	2	3	17
	Acequia (norte)	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	3	3	3	2	3	19
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	3	2	3	2	3	17

**Apéndice 3. Plan de gestión ambiental (Medidas e indicadores)**

Plan de gestión ambiental (Medidas e indicadores). Etapa de Puesta en Marcha					
Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Medida a tomar	Indicador
Movimientos de tierra	Transporte de tierra fuera del AP	Afectación al paisaje	16	Hacer un montículo con la tierra que se iba a sacar del AP, esto para mejorar visualmente la zona del proyecto y evitar estos impactos	Porcentaje de tierra reutilizada para la creación del montículo
	Uso de camiones	Contaminación del aire	16	Hacer horario, para que los camiones ingresen a horas que no sean pico. Pedir Revisión Técnica Vehicular	Porcentaje de camiones que cumplen con Revisión Técnica Vehicular
		Contaminación sónica	17		Porcentaje de camiones entregan material de 10am-3pm
		Impacto en el tráfico	15		
Modificaciones en el techo	Generación de residuos sólidos especiales. Chatarra (láminas de zinc, hierro)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	16	Plan de manejo de desechos sólidos	Porcentaje de chatarra reutilizados
Creación de sistema de drenaje	Generación de residuos sólidos especiales. Escombros (concreto, piedras, arena)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	16	Plan de manejo de desechos sólidos	Porcentaje de residuos solido reutilizados
Remodelación para área de oficinas	Generación de residuos sólidos especiales. Escombros (concreto, piedras, arena)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	16	Plan de manejo de desechos sólidos	Porcentaje de residuos solido reutilizados
Acabado y pintura	Generación de residuos sólidos peligrosos. Desechos con químicos de pinturas u otros (Latas de pintura, cubetas de plástico, cepillos de acero, esponjas, trapos, mechas, brochas, felpas, herramientas dañadas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	16	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuo peligroso enviado a tratamiento / kg de residuo peligroso producido

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Medidas a tomar	Indicador
Modificaciones a estructuras de concreto	Generación de residuos sólidos especiales. Escombros (concreto, piedras, arena)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	36	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
En general	Uso de máquinas generadoras de ruido	Contaminación sónica	15	Equipo de protección auditiva para trabajadores	Cantidad de incidentes y accidentes laborales por ruido
	Generación de residuos sólidos ordinarios (bolsas de papel y plásticas, plásticos de empaque, cartones)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	11	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Levantamiento de tierra y de polvo	Contaminación del aire	11	Regar la tierra tres veces al día para evitar levantamiento de polvo	No. Quejas de presentadas por los vecinos relacionadas con el levantamiento de polvo

PGA Operación							
Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	5	Acción	Indicador	
Línea de hojuelas	Ingreso de camiones por el portón principal	Aumento en la densidad vehicular en la calle frente a la planta	Contaminación sónica	5	Pedir que los camiones que ingresen tengan Revisión Técnica Vehicular. Tener un horario establecido para la recepción de material, evitando horas pico y acumulación de camiones en la entrada	Porcentaje de camiones con Revisión Técnica Vehicular, porcentaje de camiones que ingresan 10am-3pm	
			Contaminación del aire				
		Ingreso de plagas	Afectación a la salud de las personas	Control de proveedores			Cantidad de incidentes y accidentes laborales generados por residuos tóxicos
		Ingreso de botellas con residuos tóxicos	Contaminación del agua (por daño a M.O. del tratamiento de aguas)				Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento
	Afectación a la salud de las personas		Cantidad de incidentes y accidentes laborales generados por residuos tóxicos				
	Acomodo y almacenaje de fardos	Generación de desechos líquidos por lixiviación del material	Contaminación del suelo	5	Plan de manejo de desechos líquidos	Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento	
			Contaminación del agua		Construcción de un planché con drenajes en la zona	Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento	
		Generación de plagas	Afectación a la salud de las personas	Control de plagas	Cantidad de incidentes y accidentes laborales generados por plagas		
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	Producto controlador de olor. Monitorear con persona externa al proceso	Cantidad de quejas recibidas por malos olores		
		Pilas altas de fardos	Afectación al paisaje	Hacer un montículo con la tierra que se iba a sacar del AP	Nivel de visibilidad (en metros) de los fardos desde la acera frente al proyectos		
	Alimentación a la línea de hojuelas	Generación de residuos sólidos en separador de metales	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	5	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido	
	Prelavado en caliente	Generación de desechos líquidos (NaOH, aditivos, tierra, arena, vidrio, poliolefinas y gomas)	Afectación al paisaje	5	Reutilización del agua de lavado en este proceso	% de agua reutilizada del lavad para el prelavado	
			Contaminación del agua				
		Generación de residuos sólidos (Poliolefinas, tierra, otros)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido		

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Acción	Indicador
Línea de hojuelas	Selección de botellas	Generación de residuos sólidos en el vibrador (poliolefinas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en la selección manual y automática (botellas descarte, botellas reproceso)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en detector de metales (metales, botellas reproceso)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Molienda en húmedo y tratamiento de agua de molienda.	Generación de ruido en el molino	Contaminación sónica	17	Equipo de protección auditiva para trabajadores. Llevar control de decibeles	Cantidad de incidentes y accidentes laborales por ruido
		Generación de residuos sólidos en tornillo sin fin (arenas y poliolefinas finas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	14	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en filtro rotatorio (poliolefinas flotantes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	14	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de desechos líquidos en el tanque de agua (purga)	Contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos líquidos	Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento
	Lavado en caliente	Consumo de agua de pozo	Agotamiento de recursos	19	Reutilización de esta agua en prelavado	Litros de agua consumida
		Generación de residuos sólidos en tamiz (Poliolefinas y finos)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en filtro manga del silo alimentador a reactores de lavado (Poliolefinas finas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de desechos líquidos en tanque de solución de lavado (NaOH y aditivos)	Contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos líquidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Secado	Generación de residuos sólidos en tamiz (Poliolefinas medianas)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en centrífuga vertical (Poliolefinas grandes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en el secador de lecho fluidizado y filtro manga (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Acción	Indicador
Línea de hojuelas	Separación de partículas	Generación de residuos sólidos en el filtro manga del silo mezclador (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	13	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en el elutriador y su filtro manga (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	1	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Selección automática de hojuelas	Generación de residuos sólidos por separación de hojuelas no aptas	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	10	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos en el filtro manga del seccionador (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	11	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Llenado	Generación de residuos sólidos en el filtro manga de la estación de llenado (finos PET)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	5	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos por tarimas dañadas o en desuso	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	13	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	13	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Línea de resina	Alimentación a la línea de resina (llenado y silo)	Generación de residuos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	10	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Precristalizadores y reactor de polimerización	Generación de desechos líquidos en el filtro de agua (gases solubles)	Contaminación del suelo	17	Plan de manejo de desechos líquidos	Porcentaje de gases solubles en agua que logran permanecer en el sistema de filtración
			Contaminación del agua	15		
			Afectación a la salud de las personas	19		
	Filtración del material fundido	Generación de contaminantes volátiles no solubles en agua	Contaminación del aire		Colocar filtro de carbón activado	Porcentaje de gasees no solubles en agua que logran permanecer el filtro de carbón activado
		Generación de residuos sólidos (filtros con PET y contaminantes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Tamiz	Generación de residuos sólidos (rPET finos y gruesos)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Empaque	Generación de desechos sólidos por material de embalaje	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido	

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Acción	Indicador
Control de calidad	Pruebas físicas y químicas	Generación de residuos líquidos peligrosos	Contaminación del suelo	17	Uso de equipo de protección y plan de manejo de desechos líquidos	Litros de sustancias peligrosas entregadas para tratamiento provenientes del laboratorio.
			Contaminación del agua	17		
			Afectación a la salud de las personas	17		
		Generación de residuos sólidos en los análisis (plásticos analizados)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos peligrosos enviados a tratamiento/ kg de residuos peligrosos generados
Control de calidad	Pruebas físicas y químicas	Generación de vapores y gases (químicos volátiles y gaseosos)	Afectación a la salud de las personas		Colocación de capilla en el laboratorio y sistema de reposición de aire.	Numero de incidentes y accidentes laborales ocurrido por inhalación de sustancias peligrosas en el laboratorio
	Material rechazado	Generación de residuos sólidos de manejo especial	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Almacenamiento de sustancias peligrosas	Almacenamiento de químicos	Posibles fugas de químicos	Contaminación del suelo	15	Plan para derrames	Porcentaje de incidentes con derrames que se logra confinar la sustancia
			Contaminación del agua	15		
			Contaminación del aire	15		
			Afectación a la salud de las personas	15		
	Almacenamiento de combustibles	Posibles fugas de combustibles almacenados	Contaminación del suelo	15		
			Contaminación del agua	15		
	Llenado de cilindros	Posibles fugas de combustibles en el llenado	Contaminación del aire	15		
			Contaminación del agua	15		
Tratamiento de aguas residuales	General	Generación de malos olores	Contaminación del aire	15	Aumento de la barreras vegetal alrededor de la PTAR	Cantidad de quejas recibidas por malos olores.
		Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	15	Colocación de trampas contra roedores	Cantidad de accidente e incidentes laborales producto de los vectores.
	Tanque de aireación	Generación de ruido por sopladores	Contaminación sónica		Protección auditiva	Cantidad de accidente e incidentes laborales por ruido
Mantenimiento, limpieza y jardinería	Mantenimiento de edificios	Generación de residuos sólidos ordinarios para la actividad (mascarillas, gorros, plásticos de empaque, envases, estacones, Stereofoam, cables, tornillos, tuercas) y de consumo de personal (servilletas, envases de PET, tetrapack, tapas plásticas, aluminio, papel)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	15	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Ruido provocado por maquinaria.	Contaminación sónica	17	Utilización de equipo de protección	Cantidad de accidente e incidentes laborales producto del ruido



Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	5	Acción	Indicador
Mantenimiento, limpieza y jardinería	Mantenimiento de equipos	Generación de residuos sólidos ordinarios para la actividad (mascarillas, gorros, plásticos de empaque, envases, estacones, Stereofoam, cables, tornillos, tuercas) y de consumo de personal (servilletas, envases de PET, tetrapack, tapas plásticas, aluminio, papel)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de desechos líquidos de la actividad de mantenimiento de equipos (Aceites, grasas, refrigerante)	Contaminación del agua		Plan de manejo de desechos líquidos	Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento
Gestión Administrativa	Actividades normales de oficinas	Generación de residuos sólidos especiales (cartuchos de tinta)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos sólidos ordinarios (papel, servilletas, envolturas, toallas de papel, plástico, tetrapack, material de oficina)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de desechos de fluorescentes para iluminación.	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Comedor	Uso de las instalaciones del comedor	Generación de desechos de fluorescentes para iluminación	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
		Generación de residuos ordinarios (servilletas, envolturas, toallas de papel, plástico, tetrapack, material de oficina)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Baños	Uso de baños en las instalaciones	Generación de residuos sólidos	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua		Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos sólidos producidos
		Generación de residuos líquidos	Contaminación del agua		Plan de manejo de desechos líquidos	Calidad del agua en el efluente de la planta de tratamiento
Uso de Montacargas	Uso de Montacargas	Generación de residuos sólido especiales por uso de llantas	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	10	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
			Afectación a la salud de las personas	11		Cantidad de llantas encontradas a la intemperie.

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	5	Acción	Indicador
Emergencias	Accidentes	Fugas de vapor	Afectación a la salud de las personas	27	Mantenimiento preventivo de las líneas de vapor	Cantidad de incidentes y accidente laborales con vapor
Desabastecimiento de agua potable	Falta de higiene	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	15	Almacenar agua, para utilizar en caso de emergencia.	Cantidad de veces que se necesito agua en cualquier lugar de la planta y no se encontraba disponible.
Área productiva	Iluminación	Generación de desechos peligrosos (fluorescentes)	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	4	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
	Protección personal	Generación de desechos ordinarios	Afectación al paisaje, contaminación del suelo y contaminación del agua	4	Plan de manejo de desechos sólidos	kg de residuos reciclado/ kg de residuos producido
Actividades de las propiedades vecinas	Gallinero (sur)	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	19	No se pueden tomar medidas	Cantidad de incidentes y accidentes laborales producto de la propagación de vectores
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	19		Cantidad de quejas recibidas por malos olores.
	Acequia (norte)	Propagación de vectores	Afectación a la salud de las personas	19		Cantidad de incidentes y accidentes laborales producto de la propagación de vectores
		Generación de malos olores	Contaminación del aire	19		Cantidad de quejas recibidas por malos olores.

**Apéndice 4. Matriz de legislación Ambiental.**

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Funcionamiento general de la planta	Ley 7554/ Ley orgánica del ambiente (28/set/1995)	17	La actividad requiere de una evaluación de impacto ambiental par parte de la SETENA para iniciar las actividades.	Si
	Ley 5395 / Ley General de Salud (24/nov/1973)	Título III Capítulo II (Art 278- 264)	Queda prohibido acumular desechos sólidos en lugares no autorizados o proceder a su utilización, tratamiento, recuperación o disposición final mediante sistemas no aprobados por el Ministerio de Salud. Esta autorización durará un año.	Si
	Ley 5395 / Ley General de Salud (24/nov/1973)	298	Obtener la correspondiente autorización del MINSA para funcionamiento de la planta. O si se quiere ampliar o modificar la actividad para la que fue autorizado.	Si
	Ley 8839 / Ley para la gestión integral de residuos (13/jul/2010)	32	Todo el que se dedique a la gestión de residuos, para poder operar debe registrarse ante el Ministerio de Salud y cumplir con los requisitos que el reglamento establezca.	Si
	DEV 34728 / Reglamento para el otorgamiento de permisos de funcionamiento ante el ministerio de salud	18,19, 20	Se deberán implenetar planes de atención de emergencas, manejo de desechos y porgramas de salud ocupacional, en un plazo de 4 meses a partir del otorgamiento del permiso. Deben ser elaborados por personas competentes con conocimientos teóricos y prácticos en la materia. Durante una inspección se verificarán los planes.	En proceso
Uso de agua de pozo	Ley de aguas (26/ago./1942)	166	El que use más agua de aquella que tiene derecho en la concesión recibirá una multa de dos a cien colones	En proceso
		169	Se cobrarán los siguientes canon por agua concebida: i. Una cuota fija, por una sola vez, de un colón por cada diez litros o fracción de agua por segundo concedida; II.- Igual suma se cobrará al conceder una amplliación o al aprobar un traspaso de las concesiones otorgadas; y III.- Una cuota semestral de dos colones por cada diez litros o fracción de agua o por segundo concedida. Si no fuere pagado el canon durante un semestre podrá serlo durante el siguiente con 25% de recargo o durante el 3ro con 50% de recargo. Si transcurren tres semestres sin pagar, la concesión caduca.	En proceso
Estancamiento de aguas	DEC 22518 / Eliminación de aguas estancadas (27/set/1993)	1,2	Velar por la eliminación de aguas estancadas, todo tipo de depósitos que se puedan contener aguas estancadas como: llantas usadas, baterías, chatarras, desechos industriales, envases, estañones, botellas, etc.	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos líquidos	Ley 5395 / Ley General de Salud (24/nov/1973)	Título III Capítulo III (Art 285- 292)	Las excretas, las aguas negras, las servidas y las pluviales, deberán ser eliminadas adecuada (de forma aprobada por el por el Ministerio) y sanitariamente a fin de evitar la contaminación del suelo y de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano, la formación de criaderos de vectores y enfermedades y la contaminación del aire. Queda prohibido, en todo caso la descarga de las aguas negras, de las aguas servidas y de residuos industriales, al alcantarillado pluvial.	En proceso
	Ley 7317 / Ley de vida silvestre	132	Se prohíbe arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminante a los ríos, manantiales, quebradas, etc. Las instalaciones industriales contarán con sistemas de tratamientos para impedir que las aguas contaminadas destruyan la vida silvestre. La certificación de calidad del agua la otorga el MINSA. Quiénes inculpan con este artículo serán multados con 50.000 a 100.000 colones convertibles a pena de prisión de 1-2 años	En proceso
	DEC 26042 /Reglamento de Vertido y Aguas Residuales (19/jun/1997)	4, 5	<p>Se confeccionarán reportes operacionales que incluyan::</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Registro de aforos.</li> <li>b) Registro de análisis de laboratorio.</li> <li>c) Registro de accidentes y situaciones anómalas.</li> <li>d) Evaluación del estado actual del sistema.</li> <li>e) Plan de acciones correctivas.</li> </ul> <p>Que se deberán presentar periódicamente ante las siguientes entidades: <b>División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud.</b></p>	En proceso
		6	Los costos de los reportes corren por parte de la empresa (N.W.R.)	En proceso
		7 y 9	Los reportes, análisis y toma de datos deberán provenir de laboratorios habilitados por el MINSA que sigan el "Sistema Nacional de la Calidad"	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos líquidos	DEC 26042 /Reglamento de Vertido y Aguas Residuales (19/jun/1997)	8	Los reportes de laboratorio para aguas residuales deberán contener: a) La especie analizada que se indica en las Tablas 1, 5 y 6 del reglamento. Según el CIU 3720 no es necesario controlar un parámetro adicional (Tabla 1 del reglamento). Ver tabla 5 y tabla 6 del reglamento adjuntas. b) El contenido total, en el caso de los metales pesados. c) Método de absorbancia integrada, en el caso del color. d) A equivalentes de ABS, indicando el peso molecular del patrón ABS, en el caso de las sustancias activas que reaccionan al aval de metileno.	En proceso
		14	Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos a considerar en el análisis de <b>aguas residuales ordinarias</b> : a) Demanda Bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C DBO5,20 b) pH c) Grasas/Aceites (GyA) d) Sólidos Sedimentables (SSed) e) Sólidos suspendidos totales (SST) f) Coliformes fecales (CF) * solo en el caso de que se vierta en cuerpos de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario.	En proceso
		15	Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos a considerar en el análisis de <b>aguas residuales especiales</b> : a) Demanda Bioquímica de oxígeno DBO b) Demanda Química de Oxígenos (DQO) c) pH d) Grasas/Aceites (GyA) e) Sólidos Sedimentables (SSed) f) Sólidos suspendidos totales (SST) g) Temperatura (T)	En proceso
		19	La frecuencia mínima de muestreo y análisis para <b>aguas ordinarias</b> : a) PH, Sólidos Sedimentables y caudal*: mensual b)Grasas y Aceites: anual *La medición del caudal no requiere ser practicada por un laboratorio acreditado. **Suponiendo generación de aguas ordinarias menor a 10 m3/día en Tabla 2 de este decreto	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otros requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos líquidos	DEC 26042 /Reglamento de Vertido y Aguas Residuales (19/jun/1997)	20	La frecuencia mínima de muestreo y análisis para <b>aguas especiales</b> : a) Temperatura,PH,Sólidos Sedimentables y caudal*: Diario b)Otros parámetros obligatorios: Trimestral *La medición del caudal no requiere ser practicada por un laboratorio acreditado ** Se supone un caudal de operación de 138m3/día (1,6L/s)	En proceso
		22	Frecuencia de reportes: a) Aguas Ordinarias: Anual.Se supone que que es menor a 10 m3/día. B) Aguas Especiales: Trimestral. Se supone un caudal de operación de 138m3/día (1,6L/s)	En proceso
		27	Las aguas residuales de tipo ordinario que se viertan en un cuerpo receptor, deberán cumplir con los límites contenidos en la Tabla 6 del Apéndice. Además, las concentraciones de DBO 5.20 y de SST no podrán superar los 50 mg/l.	En proceso
		29	Cualquier agua vertida en cuerpo receptor, deberá cumplir la tabla 6, además las actividades específicas deberán cumplir lo que se indica en la tabla 7. prevaleciendo esta última en caso de incongruencia. Para la actividad 3513. Fabricación de resinas sintéticas, materia plásticas y fibras artificiales, excepto vidrio. DBO 250mg/L DQO 500mg/L SST 100mg/L	En proceso
	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial (23/jul1988)	35	Se prohíbe dar curso libre a las aguas de desecho industrial. Deberán ser previamente tratadas a fin de transformaelas en inocuas, mediante procedimientos aprobados por el MINSA	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos sólidos	Ley 5395 / Ley General de Salud (24/nov/1973)	Título III Capítulo II (Art 278- 264)	Los desechos sólidos deberán ser separados, recolectados, acumulados, utilizando cuando proceda y sujetos a tratamiento o dispuestos finalmente. La empresa deberá contar con un sistema de separación, recolección, acumulación y disposición final de los desechos sólidos aprobado por en MINSA cuando por la naturaleza o cantidad de estos no fuere sanitariamente aceptable por el sistema público.	En proceso
	Ley 8839 / Ley para la gestión integral de residuos (13/jul/2010)	14 y 16	Todo generador de residuos debe contar con un programa de manejo integral de residuos. Este programa lo verificará el MINSA.	En proceso
		38	Todo generador de residuos está obligado a reducir la generación de estos, separarlos en la fuente, entregarlos a gestores autorizados, mantener un registro adecuado de la generación y gestión de cada residuo, reportar a las autoridades y fomentar la producción limpia.	En proceso
		39	Los generadores de residuos ordinarios estarán obligados a separarlos, clasificarlos y entregarlos a las municipalidades para su valoración o disposición final.	En proceso
		43	A pesar de que un generador entregue sus residuos a un gestor autorizado, debe asegurarse por medio de contratos y manifiestos de entrega-transporte-recepción el manejo ambientalmente adecuado de estos y evitar que ocasionen daños a las salud y al ambiente. En caso de incumplimiento podrá ser considerado como responsable solidario.	En proceso
		44	Obligaciones de generadores de residuos peligrosos: a) Separar b) Envasar y etiquetar c) Llevar un registro que incluya por residuo: tipo, composición, cantidad y destino. d) Informar a gestores para su adecuada manipulación, trasiego, transporte, tratamiento y disposición final. e) Presentar informes semestrales al MINSA (cantidad de residuos peligrosos, naturaleza de estos y destino final). f) Informar al MINSA en caso de desaparición, pérdida o derrame de residuo peligroso. g) Contratar solo gestores autorizados. h) Contar con áreas de almacenamiento temporales.	En proceso
		45	Manejar los residuos de forma tal que no contaminen los suelos, subsuelos, agua, aire y ecosistemas.	En proceso



Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos sólidos	DEC 36093 / Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios (2010).	10	<p><b>Obligaciones en cuanto a almacenamiento de residuos sólidos ordinarios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Separar y clasificar los residuos sólidos ordinarios conforme a lo establecido en los reglamentos municipales.</li> <li>b) Almacenar de forma sanitaria.</li> <li>c) No depositar residuos de manejo especial en recipientes destinados para residuos ordinarios.</li> <li>d) Colocar los recipientes en el horario establecido.</li> <li>e) Seguir las disposiciones de la municipalidad.</li> </ul>	En proceso
		11	Los recipientes deberán ser cerrados, que no permitan la entrada de agua ni el escape de líquidos. Su volumen y peso que no afecte la salud ni seguridad de los usuarios.	En proceso
		12	<p>Usar bolsas plásticas, preferiblemente biodegradables.</p> <p>No utilizar bolsas rojas ya que estas son para los residuos bioinfecciosos.</p> <p>Cerrar bolsas con nudos para no permitir la entrada de agua, escape de líquidos o la entrada de vectores.</p>	En proceso
		14	No deberán permanecer bolsas de basuras en días que no hay servicio de recolección.	En proceso
		16	Separar residuos desde la fuente con un sistema de almacenamiento colectivo de residuos sólidos ordinarios.	En proceso
		17	<p>Las áreas destinadas para el almacenamiento colectivo de residuos sólidos ordinarios debe cumplir con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ubicado en un sitio protegido de la lluvia y de fácil acceso para el servicio de recolección.</li> <li>b) Permitir su fácil limpieza y lavado e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de insectos, roedores y microorganismos en general.</li> <li>c) Las aguas de lavado deberán ser canalizadas al sistema de recolección de las aguas residuales del edificio.</li> <li>d) El aseo y mantenimiento del sistema de almacenamiento colectivo de residuos sólidos será responsabilidad de los usuarios y de la administración del edificio.</li> </ul>	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos sólidos	DEC 36093 / Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios (2010).	19	Se deben realizar las acciones necesarias para que los residuos sólidos ordinarios recuperables que la actividad genera, sean separados para su valorización.	En proceso
		25, 42	Se tiene que capacitar al personal encargado del manejo de residuos, dotarlo de equipo personal, identificación, ropa de trabajo con aditamentos refractivos y demás implementos.	En proceso
		Cap. IX	<p style="text-align: center;"><b>Disposiciones sobre los residuos de manejo especial.</b></p> Los residuos de manejo especial deben separarse de la corriente normal de recolección de residuos sólidos ordinarios	En proceso
		Cap. X	<p style="text-align: center;"><b>Disposiciones sobre los residuos peligrosos.</b></p> Deben separarse de la corriente normal de recolección de residuos sólidos ordinarios	En proceso
	Reglamento de residuos de manejo especial	22	La empresa realizará las acciones necesarias para que los residuos de manejo especial no se dispongan en sitios de disposición final o en el ambiente, sino en puntos de recolección u otros mecanismos de acopio autorizado.	En proceso
	DEC 35933 / Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos (5/may/2010)	15, 18 y 23	Los consumidores finales de artículos electrónicos son responsables de entregar los residuos electrónicos en sitios de recolección autorizados.	En proceso
	DEC 27000 / Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (29/abr/1998)	Completo	Establece características de residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que convierten un residuo en peligroso según su toxicidad al ambiente	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otro requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de desechos sólidos	DEC 27001/ Reglamento de los desechos peligrosos-industriales (19/ Abr/1998)	Completo	<p>Establece que es generador de este tipo de desechos es el responsable de tratar y disponer finalmente estos residuos. Para ello obliga al gestor a clasificarlos, coleccionarlos e identificarlos.</p> <p>Indica que se tiene que reducir la generación de desechos de este tipo antes de iniciarse cualquier sistema de manejo de estos.</p> <p>Los desechos de este tipo <b>se acumularán</b> en forma individual, con su respectivo recipiente y rótulo en sirios apropiados por un máximo de un año y una cantidad no mayor a 1000 galones.</p> <p>El tratamiento incluye la neutralización de los desechos, la recuperación de energía o fuentes de materiales de desecho. Entonces, los sistemas recomendados para el tratamiento de los desechos peligrosos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Reciclaje: recuperación o regeneración de materiales o energía</li> <li>· Físico-químico</li> <li>· Biológico</li> <li>· Incineración</li> <li>· Exportación</li> <li>· Otros: fijación química, encapsulamiento, estabilización, solidificación</li> </ul>	En proceso
	DEC 29375 / Reglamento a la ley de uso, manejo y conservación de suelos.	69	<p>Para evitar y minimizar la contaminación de los suelos y las aguas, deberá dosificarse, almacenarse, disponerse y manejarse todo tipo de producto agroquímico (fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, fungicidas, herbicidas, etc.) y sus recipientes usados,, de acuerdo con la mejor tecnología disponible, de manera tal que no produzcan efectos dañinos en el suelo agua y aire.</p>	En proceso
Generación de agentes contaminantes de la atmósfera	Ley 5395 / Ley General de Salud (24/nov/1973)	295, 296 y 297	<p>Queda prohibido la emisión o emanación de contaminantes atmosféricos de naturaleza y proporciones prohibidas. Se deberá implementar un sistema diseñado para el control de emisiones, de acuerdo con las normas internacionales.</p>	En proceso
	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	15	<p>Con los vapores generados se deberán emplear procedimientos conducentes a condensarlos o mitigarlos.</p>	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otros requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Almacenamiento de GLP	DEC 30131 / Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos	Cap. XII	Cumplir un diseño del tanque con todo lo estipulado en este capítulo para la instalación del tanque de autoconsumo industrial	En proceso
		68	La autorización del funcionamiento del tanque será por 3 años renovables hasta cumplir con la vida útil del tanque.	En proceso
		84.6	En todo establecimiento que se almacene combustible es prohibido fumar o usar dispositivos de llamas abiertas o sustancias auto inflamables. Mantener avisos en lugares visibles	En proceso
		84.14	Queda prohibido la importación de cilindros de segunda mano de GLP.	En proceso
Consumo de energía	Ley 7447 / Ley de Regulación del Uso Racional de Energía (25/oct/1994)	4 y 6	El MIRENEM establecerá un programa gradual obligatorio de uso racional de la energía, destinado a las empresas con consumos anuales de energía mayores a 240000 kilovatios-hora, 360000 litros de derivados de petróleo o un consumo de energía equivalente a 12 Tera-Julios	En proceso
		38	Se eximen del pago de impuestos selectivo de consumo los fluorescentes y halógenos eficientes, cualquier aislante térmico útil para mejorar el aislamiento de tanques o tuberías.	En proceso
Generación de ruido	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	6	Son incómodos por sonidos, cuando estos se perciban en las habitaciones vecinas con una intensidad mayor de 65 decibeles desde las seis hasta las dieciocho horas y mayor de treinta decibeles en las restantes doce horas.	En proceso
	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	7	Se entiende que existe incomodidad por trepidaciones, cuando éstas se transmiten en forma molesta, a juicio del Ministerio, a las habitaciones vecinas.	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal u otros requisitos (Ley, Decreto, Norma, etc.)	N° de Artículo de ley o decreto	Aplicación del Requisito	Cumplimiento
Generación de polvo, chispas, humo, vapores	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	10	Se entenderá que existe incomodidad por polvo, chispas, humo o vapores, cuando estos elementos penetran en las habitaciones vecinas o ensucian muros o techos.	En proceso
Generación de malos olores	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	11	Se considerara que existe incomodidad por olores, cuando estos invaden las habitaciones vecinas.	En proceso
		16	Para evitar los olores, se mantendrá una escrupulosa limpieza: se usarán procedimientos que impidan las fermentaciones pútreas y, cuando sea necesario, se usarán desodorantes, campanas o chimeneas. Los materiales mal olientes se guardarán en recintos herméticamente cerrados.	En proceso
Emisión de gases y vapores	DEC 11492 / Reglamento sobre higiene industrial	15	Con los vapores generados se deberán emplear procedimientos conducentes a condensarlos o mitigarlos.	En proceso
Fumado en las instalaciones de la empresa	Ley 7501 / Ley de regulación del fumado	2	Se prohíbe fumar en las instalaciones de la fábrica	En proceso
		5	La advertencia de la prohibición de fumar se indicará en rótulos y lugares visibles.	En proceso
Emergencia	DEC 30383 / Reglamento a la ley del cuerpo de bomberos del INS	14	Hacer una brigada de incendio para que actúe en el caso de un siniestro. El Cuerpo de Bomberos es el órgano competente para autorizar el funcionamiento de las brigadas contra incendio.	En proceso
		16	El plan básico es un documento con carácter fundamentalmente preventivo, que contiene las acciones planificadas para prevenir y atender una situación específica de emergencia. Se deberá elaborar un plan básico con base en la normalización técnica y las disposiciones que para este efecto emita el Cuerpo de Bomberos.	En proceso

**Apéndice 5. Matriz de costos asociados al PGA**

Apéndice 5. Matriz de estimación de costos del proceso de implementación del Plan de Gestión Ambiental

#	Aspecto Ambiental	Acción	Tareas	Detalle	Costo unitario (USD)	Cantidades	Costo total
<b>Puesta en marcha de la empresa</b>							
1	Transporte de tierra fuera del Área de Proyecto (AP)	Hacer un montículo con la tierra que se iba a sacar del Área del proyecto	Movimiento de tierra para construir el montículo	Se incluye: maquinaria y mano de obra	\$ 15.04 por m3	480	\$ 7,219.20
			Siembra de zacate	Siembra de zacate dulce y mano de obra	\$ 6.36 por m2	1250	\$ 7,950.00
2	Uso de camiones	Implementar un sistema de horarios para el ingreso de camiones	Revisión por parte del personal de seguridad	El personal utilizado para esta tarea ya esta contratado por la empresa, estas son parte de sus responsabilidades	\$ -	-	\$ -
3	Uso de Maquinas generadoras de ruido	Utilización de equipo de protección auditiva	Compra de equipo de protección	Compra de orejeras, en mes 1 se compraran 75 unidades y otra compra en mes 3 por 25 unidades	\$ 19.00 por orejera	100	\$ 1,900.00
4	Levantamiento de tierra y polvo	Regar la tierra tres veces al día durante la puesta en marcha para evitar el levantamiento de polvo	Utilización de agua	Riego de tierra 3 veces al día, costo adicional en el recibo de agua	\$ 30.00 por mes	6	\$ 180.00
			Tubería	Cinco tuberías para cubrir todo el terreno	\$ 20.00 por tubería	5	\$ 100.00
			Aspersores	Dos por cada tubería	\$ 15.00 por aspersor	10	\$ 150.00
			Instalación de aspersores	Contratación de mano de obra	\$ 10.00 por día	16	\$ 160.00
<b>Operación de la empresa</b>							
5	Aumento en la densidad vehicular en la calle frente a la planta	Permitir la entrada de camiones con Revisión Técnica vehicular e implementar el horario para el Ingreso de camiones	Revisión por parte del personal de seguridad	El personal utilizado para esta tarea ya esta contratado por la empresa, estas son parte de sus responsabilidades	\$ -	-	\$ -
6	Ingreso de Plagas	Control de proveedores	Evaluar la calidad del material provisto	Será responsabilidad de la gerente de cumplimiento, ya contratada por la empresa	\$ -	-	\$ -
	Ingreso de botellas con tóxicos						
7	Generación de desechos líquidos por lixiviación del material	Construcción de un planché con drenajes en la zona de almacenaje de fardos	Construcción de la sub Base	10 cm espesor. Está incluido mano de obra y maquinaria	\$ 5.21 por m2	600	\$ 3,126.00
			Construcción de la base granular	50 cm de espesor. Esta incluido mano de obra y maquinaria	\$ 25.69 por m2	600	\$ 15,414.00
			Construcción de la loza de concreto superficial y refuerzo.	20 cm de espesor. Esta incluido mano de obra y maquinaria	\$ 103.90 por m2	600	\$ 62,340.00

Apendice 5. Matriz de estimación de costos del proceso de implementación del Plan de Gestión Ambiental

#	Aspecto Ambiental	Acción	Tareas	Detalle	Costo unitario (USD)	Cantidades	Costo total
8	Generación de Plagas	Control de plagas	Compra de trampas	Primera compra en mes 1 de 50 unidades y segunda compra en mes 3 de 50 unidades	\$ 1.75 por trampa	100	\$ 175.00
			Compra insecticidas biodegradables	Compra de 5 galones el mes 1 y compra de 5 galones el mes 3	\$ 55.00 por galón	10	\$ 550.00
			Mano de obra	Esta tarea la llevará a cabo el área de mantenimiento, por lo que no se estima costo cero	\$ -	-	\$ -
9	Generación de malos olores	Control de olores	Compra de producto controlador de malos olores.	Compra de 15 galones el mes 1 y compra de 15 galones el mes 3	\$ 25.00 por galón	30	\$ 750.00
			Compra de arboles frondosos	Se colocará un árbol cada 4 metros. Total del perímetro de la PTAR 60 m	\$ 20.00 por árbol	15	\$ 300.00
			Mano de obra para siembra	Trabajo de jardinería	\$ 12.00 por hora	16	\$ 192.00
10	Afectación del paisaje con las pilas de fardos	Hacer un montículo con la tierra que se iba a sacar del Área del proyecto	Movimiento de tierra para construir el montículo	Costo ya fue considerado en el #1	-	-	\$ -
11	Generación de desechos líquidos en el lavado	Construcción de sistema de recirculación del 30% del agua desechada en el lavado para el prelavado	Reutilización del agua de lavado	Estos se considero en el costo de la maquinaria comprada para la planta	-	-	\$ -
12	Generación de ruido en el molino	Equipo de protección auditiva	Utilización de equipo de protección auditiva	Costo ya fue considerado en el #3	-	-	\$ -
13		Llevar un control del ruido emitido	Medir decibeles	Contratación de empresa para la medición	\$ 120.00 dos veces al mes	12	\$ 1,440.00
14	Generación de desechos líquidos peligrosos	Uso de equipo de protección	Compra de guantes	Se compran 5 cajas de 100 unidades c/u	\$ 125.00 caja con 100 unidades	5	\$ 625.00
			Compra de lentes de protección	Se compran 70 unidades	\$ 2.75 por lentes	110	\$ 302.50
			Compra de tapabocas	Se compran 500 tapabocas desechables	\$ 0.94 por tapaboca	500	\$ 469.00
15	Generación de vapores y gases en el laboratorio	Colocación de capilla en el laboratorio y sistema de reposición de aire	Compra de capilla	El costo esta considerado en la construcción del laboratorio. La planta cuenta con extractores de aire	\$ -	-	\$ -



Apéndice 5. Matriz de estimación de costos del proceso de implementación del Plan de Gestión Ambiental

#	Aspecto Ambiental	Acción	Tareas	Detalle	Costo unitario (USD)		Cantidades	Costo total
16	Posibles fugas	Contingencia de derrames	Compra de aserrín	Se compran 50 kilos de aserrín cada una para contener derrames	\$ 0.50	por kilo	50	\$ 25.00
			Compra de recipientes	Se compran 20 recipientes para colocarlos en toda el área industrial y donde se almacenen químicos y combustibles	\$ 1.00	por recipiente	20	\$ 20.00
17	Desabastecimiento de agua para la limpieza	Almacenar agua para utilizar en caso de emergencia	Construcción de tanque para almacenar agua	Se utilizarán tanques que están sin utilizar, que eran parte de la antigua planta	-		-	\$ -
18	Contaminación del suelo y agua	Plan de manejos de desechos sólidos	Implementar el Plan de manejo de desechos sólidos	Este plan no tiene ningún costo, la empresa encargada del tratamiento de estos desecho no cobrará por el servicio. Ellos se verán beneficiados económicamente con la comercialización de los desechos.	\$ -		-	-
19	Contaminación del suelo y agua	Plan de manejos de desechos líquidos	Construcción de la PTAR	Esta fuera de los objetivos de este documento el diseño de la PTAR, se tomo un diseño provisto por un ingeniero consultor.	\$ 150,000.00	Totalidad de la planta de tratamiento de aguas	1	\$ 150,000.00
			Utilización de productos químicos		\$ 1,000.00	Gastos en la totalidad de químicos por mes	6	\$ 6,000.00
<b>Costo total del Plan Ambiental:</b>								<b>\$ 259,387.70</b>