

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR PETROQUÍMICO-PLÁSTICO Y  
FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE ACUERDO A LA NTC  
GTC 24**

**CARLOS ANDRÉS TORRES SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2015**

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR PETROQUÍMICO-PLÁSTICO Y  
FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE ACUERDO A LA NTC  
GTC 24**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
GRUPO DE SISTEMAS AMBIENTALES E HIDRÁULICOS (GISAH)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
BIOSISTEMAS INTEGRADOS**

**DIRECTOR  
CARLOS ALBERTO SEVERICHE SIERRA, M.Sc.**

**COINVESTIGADOR (AUTOR)  
CARLOS ANDRÉS TORRES SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2015**

# Tabla de Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	<b>11</b>
2.1. RESUMEN NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC) GTC 24.....	11
2.2. RESIDUO SÓLIDO .....	11
2.2.1 <i>Caracterización</i> .....	12
2.2.2 <i>Clasificación de los residuos sólidos</i> .....	12
2.3. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	12
2.4. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS).....	12
2.5. SEPARACIÓN EN LA FUENTE.....	13
2.6. ALMACENAMIENTO TEMPORAL.....	13
2.7. MANEJO INTEGRAL.....	14
2.8. APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DE LA GESTIÓN INTEGRAL RESIDUOS SÓLIDOS .....	14
2.9. REUTILIZACIÓN. ....	14
2.10. RECICLAJE.....	15
2.11. TRATAMIENTO.....	15
2.12. LIXIVIADO .....	15
2.13. RELLENO SANITARIO.....	15
2.14. GRANDES GENERADORES O PRODUCTORES.....	16
2.15. PEQUEÑOS GENERADORES O PRODUCTORES. ....	16
<b>3. MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>16</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
5.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	18
5.1.1 <i>Localización</i> .....	18
5.1.2 <i>Visión 2015</i> .....	19
5.1.3 <i>Misión</i> .....	19
5.1.4 <i>Política Integral</i> .....	19

5.1.5. Descripción del proceso de producción .....	20
5.1.5.1. Planta de Película PVC .....	20
5.1.5.2. Planta de Rotomoldeo .....	24
5.1.5.3. Planta de Vasos .....	26
5.1.5.4. Planta de Láminas y Perfiles .....	28
5.1.5.5. Planta de Tejas de PVC.....	29
5.1.5.6. Planta Poliestireno .....	31
5.1.6 Organigrama .....	35
5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	35
5.3. TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS .....	35
5.4. CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	36
5.5. FORMULACIÓN DE PROGRAMAS .....	36
5.6. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN .....	36
<b>6. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>37</b>
6.1. RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES .....	37
6.2. PROGRAMAS DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	42
6.3. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA-PLÁSTICA .....	48
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
7.1. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS GENERADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	55
7.1.1. Cuantificación de Residuos Sólidos.....	57
7.1.2. Prevención y Minimización .....	59
7.1.3. Separación en la fuente .....	60
7.1.4. Almacenamiento .....	60
7.1.5. Tratamiento .....	60
7.1.6. Disposición Final o Aprovechamiento.....	61
7.2. PROGRAMAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	61
7.2.1. Programa de Capacitación y Sensibilización.....	61
7.2.2. Programa de Separación en la Fuente y Aprovechamiento de Residuos Reciclables .....	64
7.2.3. Programa de Seguimiento y Control .....	66
7.3 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.....	67
7.3.1 Alternativas de Aprovechamiento .....	67
7.4. OPORTUNIDADES DE REDUCCIÓN, REÚSO Y RECICLAJE TEÓRICAS .....	69
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CÓDIGO DE COLORES .....	11
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS.....	20
TABLA 3. MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	55
TABLA 4. MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (CONTINUACIÓN).....	56
TABLA 5. MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (CONTINUACIÓN).....	57
TABLA 6. CANTIDADES DE RESIDUOS GENERADOS EN 2013 VS. 2014 .....	58
TABLA 7. ACTIVIDADES PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN .....	62
TABLA 8. ACTIVIDADES PROGRAMA DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS RECICLABLES.....	64
TABLA 9. ACTIVIDADES PROGRAMA SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	66
TABLA 10. PODER CALORÍFICO DE ALGUNOS MATERIALES .....	68
TABLA 11. TÉCNICAS O MÉTODOS TEÓRICOS PARA LA REDUCCIÓN, REÚSO Y RECICLAJE .....	69

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	19
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DENTRO DE LA EMPRESA.....	34
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DENTRO DE LA EMPRESA (CONTINUACIÓN).....	34
FIGURA 4. ORGANIGRAMA .....	35
FIGURA 5. RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN 2013 .....	58
FIGURA 6. RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN 2014.....	59
FIGURA 7. RESIDUOS GENERADOS POR UNIDAD DE PRODUCTO.....	59

## **RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue llevar a cabo un diagnóstico del manejo de residuos sólidos en una empresa del sector petroquímico-plástico y formular un plan de gestión integral de acuerdo a la Norma Técnica Colombia GTC 24, garantizando así que no se generen impactos ambientales significativos. Se realizó una revisión de la manera en como el personal realiza la separación en la fuente, los elementos utilizados para el almacenamiento temporal y como estos finalmente son aprovechados, identificando los focos (áreas) y los tipos de residuos generados. El diagnóstico realizado arrojó como resultado la falta de capacitación y concientización de todos los trabajadores y contratistas sobre la importancia de realizar un adecuado manejo de los residuos sólidos no peligrosos generados dentro de la compañía, desconocimiento en cómo se debe realizar una separación en la fuente teniendo en cuenta los criterios establecidos por el ICONTEC en la NTC GTC 24 y falta de herramientas para desarrollar dicha actividad. . Basado en los resultados del estudio, se formularon programas y alternativas de gestión que minimicen el impacto ambiental causado por la mala disposición de los residuos y generen beneficios a la empresa.

**Palabras Claves:** gestión ambiental, residuos sólidos, separación,

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to make a diagnosis of solid waste management in a company-plastic petrochemical sector and formulate an integral management plan according to the Technical Standard Colombia GTC 24 ensuring that no significant environmental impacts are generated. A review of the way the personnel perform the source separation is performed, the elements used for temporary storage and how they are ultimately taken advantage, identifying foci (areas) and types of waste generated. The diagnosis made showed results in the lack of training and sensitization of the majority of workers and contractors about the importance of appropriate management of non-hazardous solid waste generated within the company, lack of knowledge on how you should perform a separation in source taking into account the criteria set by the ICONTEC in the NTC GTC 24 and lack of tools to develop this activity. Based on the study results were formulated programs and management alternatives that minimize the environmental impact caused by poor waste disposal and generate benefits to the company.

**Keywords:** environmental management, solid waste, separation.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de la disposición de residuos pueden ser trazados desde los tiempos en los que los seres humanos empezaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades, la acumulación de estos es una consecuencia de la vida. El hecho de arrojar comida y otros materiales sólidos en las calles medievales (la práctica de arrojar los residuos a las calles sin pavimento, carreteras y terrenos vacíos) llevó a la reproducción de ratas, portando éstas la plaga bubónica. (Calva & rojas, 2014). La falta de algún plan para la gestión de los residuos llevó a la epidemia, la plaga, la Muerte Negra, que mató a la mitad de los europeos del siglo XIV, causando muchas epidemias subsiguientes con los altos índices de mortalidad.(Sánchez-David, 2008). No fue hasta el siglo XIX cuando las medidas de control para la salud pública llegaron a ser de una consideración vital para los funcionarios públicos. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1994)

El manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) en América Latina y el Caribe es complejo y ha evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización. De la de acuerdo a lo establecido en la declaración de rio en El Capítulo 21 Agenda 21, define:

"las bases para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible. Se establece ahí que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de la producción de residuos, el reciclaje, la recolección y el tratamiento y disposición final adecuados. Se dice ahí también que cada país y cada ciudad establecerán sus programas para lograr lo anterior de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. De acuerdo con las metas a corto y mediano plazo fijados en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD-92), realizada en Río de Janeiro, para el año 2000 los países en desarrollo tendrían que haber establecido las capacidades para monitorear las cuatro áreas temáticas mencionadas anteriormente y para establecer

programas nacionales con metas propias para cada una de ellas". (Acurio, Rossin, Texeira & Zepeda, 1997).

Los países en vía de desarrollo poseen como factor común un deficiente manejo de sus residuos sólidos a nivel gubernamental, magnificado esto en las zonas rurales. A nivel empresarial la actividad industrial en Colombia ha sufrido un gran crecimiento en los últimos 50 años, el cual está reflejado en un aumento del personal que está directa o indirectamente vinculado en este sector productivo (Mejía & Bravo, 2013). Enfocándonos en los residuos sólidos producto del crecimiento demográfico de la población, se debe tener en cuenta que la producción de residuos sólidos no se ha debido solo a los sistemas industriales, pero si son uno de los mayores productores de dichos residuos, razón por la cual todas las industrias han tenido que enfocar sus sistemas de producción de tal manera que disminuyan el uso de materias primas y solucionen el manejo y disposición final de los restos de su materia prima (Sánchez et al., 2009; Torres et al., 2012)

La industria petroquímica comprende la producción de compuestos a partir de materias primas básicas derivadas del petróleo y el gas natural. En la elaboración de gran parte de los productos se recurre a procesos de refinación y separación, obteniendo las materias primas de la industria petroquímicas; asociados a estos hay una generación de residuos y el planteamiento para su gestión integral. En este sentido la empresa ubicada en la ciudad de Cartagena-Colombia, foco de estudio de este trabajo.

El objetivo principal del presente estudio fue realizar un diagnóstico del manejo de residuos sólidos en una empresa del sector petroquímico-plástico y formular un plan de gestión integral de los mismos. Para ello se identificaron los procesos de generación de residuos sólidos, evaluaron alternativas de aprovechamiento de los residuos en base a sus características y cantidades, seguidamente se clasificaron los diferentes tipos de desechos y finalmente se elaboraron programas para un adecuado manejo de estos.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Resumen Norma Técnica Colombiana (NTC) GTC 24

La separación en la fuente permite obtener una mejor calidad de los residuos optimizando su aprovechamiento o disposición final. Cuando se hace la separación se sugiere llevar una recolección selectiva de los residuos seleccionados; pues sin este componente lo efectuado en la separación pierde valor. (ICONTEC, 2009)

Esta guía técnica brinda pautas para realizar la separación adecuada de los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación.: domestica, industrial, institucional, comercial y de servicios.

Tabla 1. Código de Colores

Sector	Tipo de residuo	Color
Doméstico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos biodegradables	Verde
Industrial, comercial institucional y de servicios	Cartón y papel	Gris
	Plásticos	Azul
	Vidrio	Blanco
	Orgánicos	Crema
	Residuos Metálicos	Café oscuro
	Madera	Naranja
	Ordinarios	Verde

Fuente: ICONTEC (2008)

### 2.2. Residuo Sólido

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.(Jaramillo & Zapata, 2008; Universidad Industrial de Santander, s.f)

### **2.2.1 Caracterización**

El objetivo de la caracterización es realizar un estudio que permita identificar las principales características (componentes, propiedades y producciones) de los residuos sólidos para poder definir, planificar y/o implementar mejoras y acciones de los sistemas de manejo (López ,2009).

Según el Decreto 838 de 2005 (Art. 1), la caracterización de residuos sólidos se refiere a:

*“Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades”.*

### **2.2.2. Clasificación de los residuos sólidos.**

Existen múltiples clasificaciones de los residuos. El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos sólidos, así como los datos y las tasas de generación son aspectos básicos a tener en cuenta para el diseño y operación de los elementos funcionales asociados a la gestión de los residuos sólidos. (Yámen & Almeida, 2007)

### **2.3. Gestión integral de residuos sólidos.**

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final (Decreto 1713 de 2002)

### **2.4. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)**

Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y

en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS. (Decreto 2981 de 2013)

## **2.5. Separación en la fuente**

La segregación en la fuente es la base fundamental de la adecuada gestión de residuos y consiste en la separación selectiva inicial de los residuos procedentes de cada una de las fuentes determinadas, dándose inicio a una cadena de actividades y procesos cuya eficacia depende de la adecuada clasificación de los residuos (CORANQUIOQUIA, s.f)

Para realizar una correcta separación en la fuente se debe disponer de recipientes adecuados, que en términos generales deben ser de un material resistente que no se deteriore con facilidad y cuyo diseño y capacidad optimicen el proceso de almacenamiento. (CORANQUIOQUIA, s.f)

El diagnóstico permite definir el tipo y cantidad de recipientes que se requieren para la adecuada separación de los residuos, en todas las áreas de la organización. Algunos recipientes son desechables y otros reutilizables, todos deben estar ubicados estratégicamente, visibles, perfectamente identificados y marcados, del color correspondiente a la clase de residuos que se va a depositar en ellos, de acuerdo con los colores que exige la Guía Técnica 24 del ICONTEC.

## **2.6. Almacenamiento Temporal**

Es la acción del generador de colocar los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores dentro de las instalaciones mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final. (Guía Para El Manejo Integral De

Residuos Sólidos Generados En El Sector Residencial Del Municipio De Envigado, s.f)

## **2.7. Manejo Integral**

Es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente; acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización; tratamiento y/o disposición final, importación y exportación, de residuos o desechos individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales y/o permanentes que puedan derivarse de tales residuos o desechos. (Manual para el Manejo Integral De Residuos en el Valle De Aburrá, s.f)

## **2.8. Aprovechamiento en el marco de la gestión integral residuos sólidos**

Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos. Decreto 1713 de 2002)

## **2.9. Reutilización.**

Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas, devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación manejo (Salgado, 2012)

## **2.10. Reciclaje**

Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos. (Vázquez et al, s.f)

## **2.11. Tratamiento**

Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana. (CORPOGUAVIO, 2015)

## **2.12. Lixiviado**

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos. (Nájera, s.f; Jaramillo & Zapata, 2008)

## **2.13. Relleno Sanitario**

Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final. Decreto 838 de 2005- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (Organización Panamericana de la Salud-Biblioteca de desarrollo sostenible y salud ambiental, s.f)

#### **2.14. Grandes generadores o productores.**

Son los usuarios no residenciales que generan y presentan para la recolección residuos sólidos en volumen superior a un metro cúbico mensual.

#### **2.15. Pequeños generadores o productores.**

Es todo usuario no residencial que genera residuos sólidos en volumen menor a un metro cúbico mensual

### **3. MARCO NORMATIVO**

El actual marco normativo de la gestión de residuos sólidos tiene su origen en el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales) y en la Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional). En esta etapa predomina la preocupación del Estado por establecer la reglamentación técnica y los aspectos ambientales, con una preferencia explícita por fomentar procesos de reciclaje y modificar patrones de producción y consumo de bienes para minimizar la generación de residuos sólidos.

Con la expedición de la Constitución Política de 1991 y la Ley 142 de 1994, se estableció un marco institucional para el desarrollo empresarial del servicio público de aseo, con el fin de asegurar su prestación eficiente, bajo la responsabilidad de los municipios y distritos. Dicho marco se fundamenta en el desarrollo de la libre competencia, en la posibilidad de la participación privada y en el cubrimiento de los costos económicos, mediante tarifas cobradas a los usuarios, junto con un esquema de solidaridad y fomento del control social.

En 1998 se emite la Política Nacional para la Gestión integral de residuos sólidos, buscando articular la gestión ambiental en la prestación del servicio de aseo de

manera planificada bajo la cual se desarrollan instrumentos normativos, técnicos y de capacitación, establecidos en el Decreto 1713 de 2002, el cual articula el componente ambiental del manejo de los residuos sólidos mediante la prestación del servicio público de aseo, incluyendo especialmente los siguientes aspectos:

Este Decreto, ha sido modificado parcialmente por el Decreto 1140 de 2003, con relación a las unidades de almacenamiento, y por el Decreto 1505 de 2003 en lo referente a los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS.

Mediante la Resolución 1045 de 2003, se adoptó la metodología para la elaboración y ejecución de los PGIRS y en la Resolución 477 de 2004, se establecieron los plazos para iniciar la implementación de aquellos que han sido formulados

Son complementarias a estas normas las relacionadas con los mecanismos de planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos mediante la tecnología de relleno sanitario Decreto 838 de 2005 y la Resolución 1390 de 2005 que establecen las directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final inadecuados. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Diagnosticar el manejo de residuos sólidos no peligrosos en una empresa del sector petroquímico-plástico y formular un plan de gestión integral de los mismos, mediante la NTC GTC 24.

### **4.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar los procesos o áreas de generación de residuos sólidos.
2. Elaborar programas para un adecuado manejo de los residuos orgánicos e inorgánicos.

3. Recomendar alternativas de gestión de los residuos con base a sus características y cantidades.

## **5. METODOLOGIA**

Para efectos del siguiente trabajo, se desarrollara una investigación de tipo descriptiva a partir de las estadísticas de generación, almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos de la empresa, realizando una inspección de la forma en que se está realizando la separación en la fuente y el aprovechamiento que se le da a los desechos. El objetivo es revisar la situación actual del manejo que se le está dando en el marco de las políticas ambientales adoptadas por el país y los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

En pocas palabras, lo que pretende el diagnóstico es estudiar la realidad y problemas existentes en la compañía, para posteriormente en base en la información que se tiene formular unos programas que permitan garantizar que no se presentaran impactos ambientales significativos debido al manejo inadecuado de los residuos.

### **5.1. Área de estudio**

#### **5.1.1. Localización**

El área industrial de la empresa se encuentra ubicada en el Km. 11 de la vía a Cartagena - Mamonal. El lote colinda por el norte y el este con el Parque Industrial la Zona Franca Dexton S.A. por el oeste con la vía a Mamonal y el área del muelle de Abocol y finalmente al sur colinda con la vía que conduce de la troncal mencionada a la población de Puerto Badel y con Abocol. Cuenta con un muelle localizado entre la vía Mamonal - Cartagena y el mar (Bahía de Cartagena). Este segundo sector colinda por el norte con las instalaciones de la planta Esso Colombiana S.A. y por el sur con la planta de Brinsa (Refisal).

Figura 1. Localización de la empresa



Fuente: Google Maps

### **5.1.2. Visión 2015**

Ser la empresa manufacturera del sector plástico con mayor crecimiento sostenible en Colombia.

### **5.1.3. Misión**

Fabricamos y comercializamos productos de calidad superior, para los mercados de desechables, Poliestireno, empaque, construcción y decoración a nivel nacional e internacional, con el fin de lograr la satisfacción de nuestros clientes, la seguridad y el bienestar de nuestros empleados y la rentabilidad del negocio.

### **5.1.4 Política Integral**

Calidad es el principio básico de negocios.

Nuestro compromiso es el mejoramiento continuo de todos los procesos en una forma integral, que permita la entrega a tiempo de productos seguros, de calidad homogénea, que satisfagan los requerimientos de nuestros clientes, con precios justos.

Contribuimos responsablemente a la **prevención de la contaminación**, la seguridad integral y la salud ocupacional, cumpliendo con las regulaciones legales y con las disposiciones que voluntariamente hemos adoptado.

La calidad es responsabilidad de cada uno de nuestros empleados

### 5.1.5. Descripción del proceso de producción

Se encuentran en operación cinco (5) plantas de Manufactura y una planta Petroquímica denominada así:

Tabla 2. Descripción de los procesos

<b>Planta</b>	<b>Tipo de proceso</b>	<b>Productos</b>
Película PVC	Manufactura de plásticos	Películas de PVC Extensible y termoencogibles
Rotomoldeo	Manufactura de plásticos	Tanques y materas
Vasos EPS	Manufactura de plásticos	Vasos desechables de EPS y tapas de Poliestireno
Láminas	Manufactura de plásticos	Láminas y perfiles
Tejas	Manufactura de plásticos	Tejas de PVC
Poliestireno	Petroquímico	Poliestireno cristal y de alto impacto

Fuente: Autor

A continuación se hace una descripción general de cada una de las plantas con su proceso:

#### 5.1.5.1. Planta de Película PVC

En la planta de película de PVC el proceso básico es de transformación de plásticos, en el que la resina polimérica (PVC) se convierte en pellets y posteriormente y películas.

El proceso comprende las siguientes operaciones:

**a) *Recepción y Almacenamiento***

La planta de películas maneja materias primas líquidas y sólidas a granel y empacas.

La materia prima a granel sólida (PVC) es de origen local, llega a las instalaciones en carro tolvas y se almacena en Silos de acero al carbón, en tanto que las materias primas sólidas empacadas, son de orígenes locales e importados y empacados en sacos x 25 kg. y big bags x 750 kg.

Las materias primas a granel líquidas son de origen nacional y llegan a las instalaciones en carro tanques, en tanto que las materias primas líquidas empacadas, son importadas y llegan en contenedores (IBC) o tambores. Las materias primas a granel líquidas se almacenan en tanques y desde allí son bombeadas directamente hasta el proceso por medio de tuberías. Los tanques están encerrados dentro de diques de contención, construidos en cemento para contener cualquier derrame de material.

**b) *Preparación de Mezcla y Alimentación***

El objetivo de esta etapa es obtener una mezcla en polvo homogénea del PVC los demás componentes líquidos y sólidos de la formulación. Esta mezcla luego se alimenta de forma continua a la fase de Extrusión para formar el pellets o granos. En esta etapa el PVC es transportado neumáticamente del silo hacia una tolva de alimentación, la cual tiene una celda de peso para controlar la cantidad y luego lo transfiere al Turbomezclador. Paralelamente se dosifican de manera automática los aditivos líquidos y luego de alcanzar la temperatura de mezclado establecida se alimentan los Plastificantes y manualmente los Aditivos sólidos, con base en la formulación.

La mezcla es transferida desde el turbomezclador hasta un enfriador, donde se alimenta el material reprocesable molido y luego a una tolva transitoria para el Bache. De aquí la mezcla sólida-liquida, en forma de polvo semihumedo, es transportada por medio de un tornillo sinfín a una tolva dosificadora y luego a la tolva de

alimentación, la cual consta de un sensor de nivel que ayuda a controlar la alimentación de la extrusora del compuesto.

### ***c) Extrusión del Compuesto PVC Peletizado***

En esta etapa la mezcla de PVC se introduce a través del Sistema de Alimentación a la Extrusora de Compuesto. Este equipo consta básicamente de un sistema de doble tornillo que giran en dirección opuesta que transportan el material a través de una cámara cilíndrica calentada por resistencias eléctricas o barril hasta un cabezal o dado extrusor en forma circular con orificios por donde emerge material fundido en forma de hilos o espaguetis. Un sistema de cuchillas giratorias ubicadas a ras con la cabeza extrusora, corta los espaguetis formando gránulos o pellets, los cuales se transportan hacia un sistema de enfriamiento que utiliza agua y luego caen a un saco gigante o Big-Bags, donde se almacenan hasta la siguiente etapa del proceso.

El resultado de esta etapa es el compuesto granulado de PVC que dependiendo de la formulación se denomina Compuesto Stretch o Compuesto Shrink (denominación en inglés) El primero se utiliza como materia prima para producir películas Extensibles o Stretch, la cual tiene las propiedades de transparencia, estiramiento y autoadherencia y el Segundo para producir películas Termoencogibles o Shrink, es decir que se encogen al ser sometidas al calor.

### ***d) Extrusión de la Película Extensible o Stretch***

En esta etapa los gránulos son transportados neumáticamente desde los Big-Bags hasta la tolva de alimentación de la extrusora ubicada en un tercer nivel o piso. Esta extrusora consta de un tornillo accionado mecánicamente conectado a un motor reductor, el cual transporta el material en la medida en que lo funde por la acción del calor y la presión, dentro de un barril o cámara calentada hasta el extremo opuesto por donde emerge a través de una matriz circular o cabezal en forma de un tubo el cual se cierra manualmente en su extremo y a su vez se le inyecta aire por el cabezal para formar una burbuja con el diámetro requerido.

La burbuja es enfriada con aire por medio de un sistema en forma de anillo y desciende a un primer nivel en donde es aplanada por dos rodillos que atrapan el aire en su interior para mantener la burbuja y halan la película para dar el espesor deseado y finalmente pasa a un sistema de embobinada que forma rollos sobre centros de cartón con ancho y longitud requerida.

***e) Extrusión de la Película Termoencogible o Shrink***

Para iniciar la extrusión de película Shrink, el compuesto en forma de granos o pellets es transportado neumáticamente hacia la tolva de alimentación de la extrusora ubicada en un primer nivel y por medio de un Sistema similar al descrito en el numeral anterior, se forma una primera burbuja, que asciende a un segundo nivel donde es aplanada por medio de una serie de rodillos y luego desciende haciéndola pasar a través de un horno circular que calienta la película. Durante el descenso, la película es de nuevo inflada, formando una segunda burbuja con el ancho requerido que baja al primer nivel y es aplanada por dos rodillos que atrapan el aire en su interior para mantenerla burbuja y halan la película para ayudar a dar el espesor deseado, luego el sistema de embobinada en centros de cartón forma rollos de doble capa, abiertos por un extremo, los cuales se cortan al ancho y longitud requerida.

***f) Acabado***

Los materiales resultantes de la operación anterior, son preparados para su posterior empaque. Los rollos de películas Stretch pasan a una zona de maduración y luego son refileados para darle acabo parejo al corte, rebobinados para obtener rollos más pequeños de mejor largo o impresos acorde con las necesidades del cliente.

Los rollos de película Shrink o Termoencogible son empacados directamente en cajas de cartón y estibados para su entrega a Bodega de producto terminado o pueden pasar al proceso de corte y doblado y/o a impresión.

### ***g) Empacado***

Diferentes tipos de empaques son empleados para las películas fabricadas, siendo las cajas de cartón, las principales, se cuenta con un sistema de etiquetas y código de barras, las cuales se colocan siguiendo procedimientos

### **5.1.5.2. Planta de Rotomoldeo**

En la planta de Rotomoldeo una resina termoplástica, Polietileno, se convierte en tanques y macetas por un proceso de Rotomoldeo a altas temperaturas.

El proceso comprende las siguientes operaciones:

#### ***a) Recepción y Almacenamiento***

Las materias primas e insumos son recibidas y almacenadas de acuerdo a las normas de calidad, seguridad y ambientales establecidas por la empresa. Los materiales que se reciben son polietilenos y pigmentos (estos últimos vienen líquidos y en polvos)

El polietileno se recibe en sacos de 26 Kg. y se almacena dentro de la bodega techada. Los pigmentos vienen en canecas plásticas cerradas que se almacenan en el interior de la bodega en un área separada.

#### ***b) Pulverización del Material***

El proceso inicia con la pulverización del polietileno el cual viene en forma de gránulos, El pulverizador consta de unas cuchillas giratorias las cuales se ajustan para lograr un tamaño del grano controlado. Adicionalmente el proceso de pulverizado se ayuda por unas zarandas o mallas que separaran el producto grueso del fino, el grueso es nuevamente pulverizado por medio retroalimentación en el mismo equipo. La pulverización es necesaria debido a que el producto sale con mejor calidad. El producto pulverizado es transferido neumáticamente a silos de almacenamiento.

### ***c) Mezclado y Pesaje de Cargas***

Antes de pesar las cargas se preparan mezclas de material y pigmento transfiriendo el pulverizado a un mezclador por medio de un sistema de cargue automático. El mezclador está compuesto por unas hélices internas que homogenizan el material pulverizado y el pigmento. Las mezclas se almacenan en contenedores para luego ser pesadas en recipientes estipulados y dosificados.

### ***d) Rotomoldeo de Tanques***

La carga de cada producto es transportada hasta las maquinas rotomoldeadoras, las cuales están compuestas o se describen a continuación las cuales están compuestas o se describen a continuación:

- Un horno automático y hermético que trabaja con gas natural y cuenta con un sistema de seguros electrónicos de apagado en caso de fallas.
- Una cabina de enfriamiento que suministra agua y ventilación forzada por medio de ventiladores de gran capacidad y con ubicación estratégica.
- Unos brazos montados sobre unos carros y estos a su vez en un carrusel, en estos brazos es donde se montan los moldes que se utilizan en el proceso y son de diferentes tamaños
- Moldes: Algunos son en acero inoxidable, otros de hierro y otros fabricados en aluminio
- Estaciones de cargue y descargue de material y producto terminado
- Polipasto neumático

La carga se alimenta al molde correspondiente al producto fabricado y luego se tapa, se asegura con tornillos y automáticamente se hace entrar al horno, el cual tiene un perfil de temperatura y velocidades de rotación para cada brazo o producto. El molde entra al horno y automáticamente se cierran las puertas, y de inmediato se inicia el fundido del material el cual por efecto de la rotación ta en dos sentidos se va pegando

a las paredes del molde y va formado el artículo final que puede ser un tanque, maceta o barrera. Luego de cocinado y cumplido el tiempo, automáticamente se abren las puertas del horno, el brazo sale y entra a una cámara de enfriamiento con aire y luego con agua a través de un sistema de regadera o spray. De aquí el brazo sale y se ubica en la estación de descargue, donde es destapado y descargado por medio de pistolas y sistemas neumáticos. Luego del descargue de la pieza o producto se aplica un desmoldante en las paredes del molde para evitar que el producto se pegue y se facilite el descargue. Los moldes poseen sistema de venteos, respiraderos o desfuegos que evitan que estos se soplen por las presiones internas que se generan al momento de cocinarse el polietileno.

**e) *Acabado final***

Después del descargue el producto es enviado hasta una zona de corte, rebabeado y preparación final, donde se les da el toque relacionado con la preparación. Paralelamente se efectúa el proceso de la separación del producto no conforme y recortes de material sobrante y virutas del corte, el cual es transportado hasta un molino.

**f) *Empaque***

Diferentes tipos de empaques son empleados para las macetas fabricadas, siendo las cajas de cartón las principales, así como los pallet rack. Para el caso de los tanques estos se arruman uno sobre otro y luego se colocan las tapas para su posterior forrado con película extensible

**5.1.5.3. Planta de Vasos**

El proceso de manufactura de vasos es del tipo transformación de termoplásticos, en la cual una resina polimérica que es el Poliestireno expandible (EPS) se convierte en un objeto final que puede ser vasos o tapas. Estos procesos comprenden las siguientes operaciones:

**a) *Recepción y Almacenamiento***

No se manejan materias primas líquidas. El Poliestireno expandible (EPS) en forma de polvo fino es de importación y llega empacado en cajas y protegida en su interior con un liner o bolsa plástica para evitar derrame o contaminación del material.

**b) *Mezcla de EPS con aditivos***

El EPS se introduce en un mezclador mecánico provisto con aspas para homogenizarla con el agente desmoldante durante un tiempo establecido. En esta etapa se controla la dosis o formulación de cada producto.

**c) *Expansión del EPS***

La mezcla de EPS en forma de polvo fino se introduce en un equipo o recipiente expansor que es calentado por medio de vapor para aumentar el tamaño de la partícula pasando de polvo a perlas de EPS expandidas, las cuales pasan a una etapa de maduración antes del moldeo. En esta etapa se controla la densidad aparente del grano formado.

**d) *Moldeo del Vaso***

En este proceso de manufactura, se cuenta con el moldeo por inyección para la fabricación de vasos. El material se inyecta a la cavidad del molde por medio de un sistema de pistolas con aire comprimido, luego el molde cierra mecánicamente y el producto es calentado y cocinado en su interior por medio de vapor controlado por temporizadores, una vez formada la pieza es enfriada para terminar de formar el vaso y evitar que se pegue, finalmente la pieza es expulsada por un sistema de aire comprimido hacia la zona de empaque.

**e) *Empaque***

Los vasos y contenedores son empacados en diferentes unidades de empaque en bolsas impresas o no impresas las cuales son colocadas en cajas de cartón con lo cual se tiene diferentes unidades de empaque para cada producto.

#### **5.1.5.4. Planta de Láminas y Perfiles**

El proceso de manufactura de láminas y perfiles es del tipo transformación de termoplásticos, en la cual una resina polimérica que es el Poliestireno se convierte en una lámina o un perfil por medio de un proceso de extrusión. Estos procesos comprenden las siguientes operaciones:

##### ***a) Recepción y Almacenamiento***

Las materias primas líquidas que son generalmente importadas son almacenadas en la bodega de materia prima. Las materias primas sólidas son provenientes de la planta de Poliestireno y llegan empacadas en Big Bag de 750 Kg.

##### ***b) Alimentación al Proceso***

Con base en el plan de producción, se preparan los pigmentos necesarios para los productos, conservando las medidas de cuidado y protección exigidas. En esta etapa del proceso, se realizan operaciones de pesado de materias primas e insumos, calculadas según las formulaciones.

##### ***c) Extrusión de lámina***

El Poliestireno en forma de granos se introduce a la tolva de alimentación de la extrusora y en donde es fundido y transportado continuamente por medio de un tornillo helicoidal dentro de una cámara cilíndrica calentada por resistencias eléctricas hacia el molde o cabezal que tiene forma plana por donde emerge el material fundido en forma de lámina.

La lámina es enfriada haciéndola pasar a través de un sistema de rodillos con recirculación de agua interiormente, proveídos con superficie grabada o lisa para conferir el acabado, posteriormente la lámina es cortada al tamaño requerido por la acción de una guillotina.

La máquina esta dotadas de un sistema de control automático de temperaturas, velocidades y demás variables del proceso para garantizar la conformidad del producto terminado y reducir de esta forma generación de material reprocesable.

***d) Empacado***

Las láminas son empacadas en cajas de cartón tipo fólder no impresas. Algunas referencias de exportación se manejan con un recubrimiento de película extensible antes de colocar en las cajas.

**5.1.5.5. Planta de Tejas de PVC**

El proceso de manufactura de Tejas de PVC es del tipo de transformación de plásticos en que la resina polimérica (PVC) la cual es extruida a través de la transferencia de calor por medio de energía calórica, proveniente de resistencias eléctricas y llevarla a la forma del objeto plástico deseado (tejas). El proceso comprenden las siguientes etapas:

***a) Recepción y Almacenamiento***

El PVC se recibe a granel y en Carrotolvas y se almacena en silo metálico, de un sistema llamado Bin Vent que separa las partículas del aire por medio de una manga filtrante para evitar que se expulsen partículas de PVC al ambiente.

Los aditivos solidos como Modificadores de impacto, Ayuda de proceso, Lubricantes externos, Estabilizante a la luz, y Lubricante interno se reciben empacados en sacos de 25 Kg o Big-Bag de 750 Kg y se almacenan en Bodega techada.

El aceite de soya viene en contenedores de plástico flexibles y es transferido a un tanque de almacenamiento a granel.

Los aditivos líquidos vienen en contenedores plásticos llamados IBC y se almacenan dentro de Bodega techada. Estos contenedores vienen dotados de válvulas con un

sello y tapa plástica para evitar posibles derrames, durante el uso los contenedores son almacenados dentro de diques de cemento para contener un posible derrame.

#### ***b) Preparación de mezcla de PVC***

El PVC en polvo se alimenta en forma neumática desde el silo a una tolva donde se pesa y luego es transferido a un Turbomezclador con aspas accionadas por un motor. Los aditivos líquidos son alimentados automáticamente y los sólidos se pesan y alimentan manualmente. La mezcla de PVC homogénea y humectada es enviada a un enfriador y una vez alcanza la temperatura establecida se transfiere neumáticamente a una tolva de transferencia, de donde se alimenta la máquina extrusora.

#### ***c) Extrusión de Tejas***

Una vez la resina ha sido preparada para su procesamiento, se alimenta a una extrusora, este es un equipo en forma de cilindro hueco con dos tornillos largos que giran en sentidos opuestos y mezclan el producto, este cilindro o barril cuenta con resistencias de calentamiento a lo largo de su longitud las cuales calientan el plástico hasta fundirlo y es transportado por los tornillos hasta la descarga del barril donde se encuentra el molde o cabeza extrusora, a través de la cual sale el producto fundido en forma de lámina.

La lámina es enrollada en un juego de tres rodillos que le dan el acabado liso y brillante a la superficie de la teja, además de bajarle la temperatura. Posteriormente la teja se calienta nuevamente y se hace pasar a través de unas ruedas corrugadoras que generan en la lámina las ondas características de la teja. Inmediatamente la teja corrugada es enfriada rápidamente por acción de un juego de ventiladores y es jalada por un grupo de rodillos de caucho que la empujan hasta un equipo de corte el cual cuenta con una guillotina con calentamiento que automáticamente corta la teja a la medida deseada. Las tejas son almacenadas en estibas para su posterior despacho a las bodegas de almacenamiento.

#### ***d) Estibado***

Las Tejas PVC son ubicadas sobre estibas metálicas, que su vez tienen una superficie plana de madera o plástico.

#### **5.1.5.6. Planta Poliestireno**

En el proceso de la planta de Poliestireno la materia prima principal es el monómero estireno, el cual, por medio de una reacción de polimerización, se transforma en Poliestireno.

El proceso para la producción de Poliestireno es continuo y el diseño está concebido para proporcionar un control automático y preciso de las variables de operación que permite obtener en condiciones ambientalmente sanas y seguras con productos de calidad. El proceso comprende las siguientes etapas:

##### ***a) Recepción y Almacenamiento***

Las materias primas e insumos son recibidas y almacenadas de acuerdo con las normas de calidad, seguridad, salud y ambientales establecidas por la empresa. El estireno y aceite mineral, materias primas básicas de origen internacional, llegan al muelle de la compañía en buques donde se almacenan en tanques, y posteriormente se transfiere por bombeo de acuerdo a las necesidades al área de proceso.

En la planta de Poliestireno se utilizan tanques para el almacenamiento de materias primas líquidas. Estos tanques están encerrados en áreas con diques de superficies de concreto. Están equipados con alarmas de nivel, y temperatura.

Las materias primas sólidas son de origen internacional, llegan al puerto de Cartagena en diferentes tipos de empaques (sacos x 25 kg, huacales x 1000 kg y tambores x 55 gal o 170 kg.) y de allí son transportadas por carretera a la planta donde se almacenan directamente en la bodega de materiales.

### ***b) Preparación de carga y Alimentación***

Con base en el plan de producción se preparan las cargas requeridas en la fabricación de los productos, aplicando los procedimientos operacionales, de seguridad, de salud ocupacional, y ambiental. Se preparan 2 tipos de cargas las de Cristal y las de Alto impacto.

En esta etapa del proceso, se realizan operaciones de bombeo de líquidos, de medición de volúmenes, y pesado de materias primas e insumos, calculadas según las formulaciones y conservando los lineamientos de mezclado para cada producto en particular, manteniendo los tiempos exactos de agitación, intervalos entre agitación y agitación.

Para la preparación de cargas de poliestireno cristal se utilizan los tanques T16A y T16B en donde se mezclan por recirculación por medio de una bomba, el estireno, aceite mineral y colorante, dependiendo de la formulación.

Para la preparación de cargas de poliestireno de impacto se muele el caucho acorde a la formulación y luego el material molido cae a un tanque T-9, en el cual se mezcla con el estireno, por medio de un agitador.

### ***c) Polimerización***

En ésta etapa, por medio de un control preciso de la presión y temperatura se lleva a cabo la reacción de polimerización. La Carga pasa primero por un precalentador y se alimenta a un primer reactor vertical en donde se alcanza una conversión entre el 24 y 35%. Este reactor está dotado de un agitador. De aquí la solución de polímero es transferida por medio de una bomba a un segundo reactor horizontal donde se alcanza una conversión entre el 50 y 65% y luego a un tercer reactor horizontal donde se alcanza una polimeración del monómero entre el 75 y 90%.

Posteriormente, se somete a la solución de polímero a un proceso de extracción de volátiles por un sistema de vacío dentro de un recipiente vertical o Devolatilizador haciendo caer el material en forma de hilos a través de un tubo perforado, para facilitar la extracción del estireno monómero remanente que no reaccionó y permitir

que el producto cumpla las normas de la FDA para aplicaciones en contacto con alimentos.

Los vapores resultantes de la extracción son condensados y recirculados nuevamente para su polimerización. La condensación de los vapores es realizada con agua de torres de enfriamiento y agua de chiller de refrigeración.

***d) Extrusión y corte de Pellets***

La masa fundida es bombeada hacia una cabeza extrusora en donde el material sale en forma de hilos, los cuales se enfrían por medio de un baño de agua, se secan con aire y luego son cortados en forma de pellets o granos los cuales van a un vibrador para separar los finos y grueso y son transferidos a silos de almacenamiento para su posterior empaque.

***e) Acabado***

Finalmente, el producto es solidificado y secado para ser pasado posteriormente por un sistema de corte, donde se reduce a granos que son almacenados a granel temporalmente en silos o tolvas para su posterior empaque.

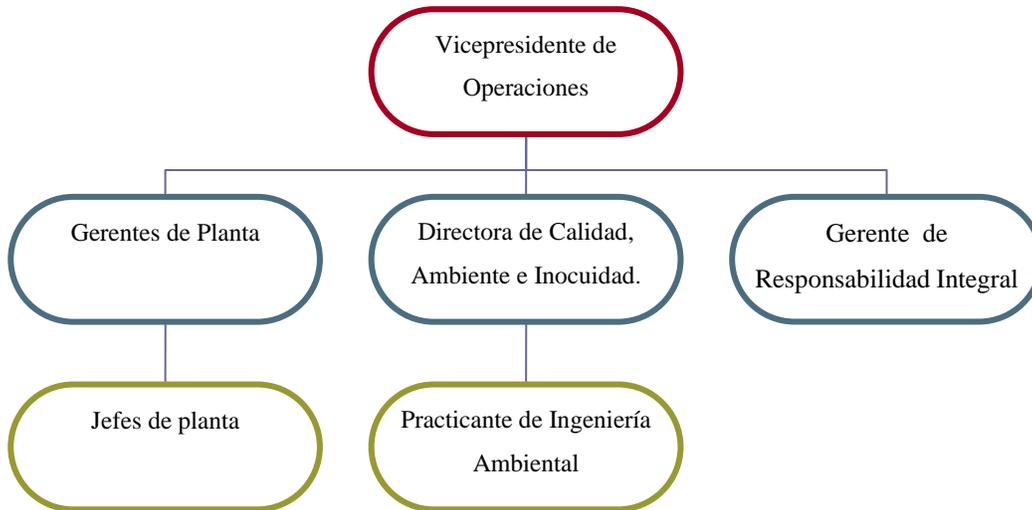
***f) Empaque***

Diferentes tipos de empaques son empleados para los productos fabricados en la planta de poliestireno., siendo los sacos de 25 kg, Big Bags de 750 kg los más usados para su protección y asepsia, y los supersacos con una capacidad de 36500. Kilos.



### 5.1.6 Organigrama

Figura 4. Organigrama



### 5.2. Identificación de los focos de generación de residuos sólidos

La identificación de todos y cada uno de los focos (fuentes) de generación de residuos sólidos de la compañía, se realizó a través de una revisión documental y posteriormente trabajo de campo.

Para la primera parte, fue necesario estudiar el mapa de procesos de la empresa y leer detalladamente el paso a paso de los procesos de producción que existe. Se revisaron y analizaron las estadísticas de disposición que se tienen en la empresa, las cuales fueron suministradas por la persona encargada de mantenerlas al día.

### 5.3. Tipo de residuos sólidos generados

Al tiempo que se realizaba la identificación de las fuentes de generación de residuos, se fue determinando el tipo de residuos que genera cada una de las áreas. Para esto fue de gran ayuda la visita al Área de Transferencia de Residuos, lugar al que llegan todos los desechos, se inspeccionaban los recipientes y bolsas en los que llegaban.

## **5.4. Cuantificación de los Residuos Sólidos**

Para la cuantificación se tomó como base los tiquetes de pesaje de la báscula con la que cuenta la empresa, los cuales se generan siempre que un vehículo recolector de materiales reciclables sale las instalaciones. Estos se tabularon en una hoja de Excel y se generaron gráficas.

## **5.5. Formulación de Programas**

Los Programas de Gestión Formulados para la empresa, al igual que las alternativas de gestión tienen soporte en los hallazgos realizados con el diagnóstico actual del manejo de los residuos dentro de la compañía, en el cual se evidencia principalmente la carencia de conciencia ambiental en los empleados.

## **5.6. Definición de alternativas de Gestión**

Las alternativas del manejo de residuos sólidos, se plantean para todos los aspectos del Plan de Manejo de Integral de Residuos Sólidos, en este caso particular, se proponen alternativas de gestión dependiendo de las características y cantidades de residuos que se generan de los procesos productivos y actividades cotidianas, con el propósito de generar beneficios ambientales y económicos para la empresa y sus trabajadores. Las alternativas que se plantean son orientadas a maximización del aprovechamiento y disposición final de los residuos que se generan y que se tiene la intención de descartar, rechazar o entregar porque las propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó dentro de la empresa.

En el aprovechamiento se tiene en cuenta la adopción de medidas organizativas, operativas y tecnológicas que permitan realizar una separación (hasta niveles económicos y técnicamente factibles) la cantidad de los residuos generados que por sus características son susceptibles de aprovechamiento.

Por parte de la compañía se tiene el compromiso de la gerencia o la dirección para lograr una adecuada gestión de éstos, garantizando que el programa tenga éxito, y

consiguiendo con esto que la implementación reducirá costos y mejorará la actuación ambiental, teniendo en cuenta la factibilidad de éstas utilizando criterios técnicos, legales, financieros y ambientales, como compromiso fundamental expresado en la política integral de la organización.

## **6. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES**

### **6.1. Residuos sólidos industriales**

Rodríguez en 2002, aclara que la contaminación generada por la acumulación de residuos sólidos está presente en todas las metrópolis de América Latina, afectando el ecosistema. Dicha contaminación es causada por la población y su aglomeración en zonas urbanas. Los datos estadísticos de las metrópolis latinoamericanas permiten establecer una relación directa entre población y acumulación de residuos sólidos y también entre nivel de ingresos y generación de residuos, mostrando que la relación población-residuos sólidos está mediada por variables económicas y culturales. La información de generación de basura por persona y su respectivo nivel socioeconómico permite establecer diferencias de cantidad y calidad de los residuos generados por individuos de distinto nivel socioeconómico, que a su vez se asocian a diferentes estilos de vida y patrones de consumo. Así, la producción de basura es potenciada por la dinámica de producción y consumo y por la dinámica demográfica, siendo un efecto no esperado de ambas, que convierte los residuos sólidos en un subproducto del modelo de desarrollo y la dinámica demográfica. En el escenario planteado, el problema ambiental de los residuos sólidos en las metrópolis de América Latina aparece como irresoluto y la decisión de resolverlo de manera fundamental pasa por cambiar el modelo de desarrollo y el comportamiento de la sociedad. Una solución menos extrema consiste en hacer un manejo integral de los residuos sólidos a través de políticas de gestión integral (Rodríguez, 2002)

Aguilar y colaboradores en 2010, indican que conocer las cantidades y tipos de residuos sólidos domésticos (RSD) que son depositados en el relleno sanitario, brinda la posibilidad de proponer opciones sustentables para su aprovechamiento. Los residuos de cualquier localidad manejados de forma apropiada se pueden convertir en insumos de algún otro proceso. El objetivo de este estudio fue cuantificar los componentes de los RSD susceptibles de ser reciclados, depositados en el relleno sanitario de la ciudad de Ensenada (Baja California, México), para ser valorizados en el mercado de los reciclables. En promedio se podrían comercializar semanalmente 643.67 toneladas de residuos alimenticios para composta, 389.45 toneladas de papel y cartón, 217.55 toneladas de plástico, 78.81 toneladas de vidrio, 37.20 toneladas de metales y 8.11 toneladas de aluminio. Se obtendría en total un aproximado de MXP \$911,224.18 (USD \$ 71,693.48) por la comercialización de los principales reciclables (Aguilar-Virgen et al, 2010)

Severiche y colaboradores en 2014, plantean que el tema de los residuos sólidos constituye una de las mayores preocupaciones de las sociedades contemporáneas y un desafío mundial para la gestión ambiental. La disposición de estos en rellenos sanitarios, aunque resuelve un problema inmediato, no es la solución definitiva, ya que crea una nueva complicación y es la ocupación de terrenos que disminuye el área de uso de un territorio, además de la emisión de gases con impactos negativos en la atmósfera y el aumento del riesgo de contaminación de fuentes de agua, subterráneas y superficiales. En este estudio se hace una revisión de tema, teniendo como referencia la minería de rellenos sanitarios, su proceso tecnológico e impacto económico, y su aplicación como herramienta de gestión. (Severiche, Acevedo, & Morales, 2014)

Fu y colaboradores en 2015, plantean que las cantidades y composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) son factores importantes en la planificación y gestión de los RSU. Actividades humanas diarias fueron clasificados en tres grupos: las actividades de mantenimiento (que cumple con las necesidades básicas de alimentación, vivienda y cuidado personal, MA); actividades de subsistencia (que proporciona los requisitos de apoyo financiero, SA); y actividades de ocio

(actividades sociales y recreativas, LA). Un modelo, basado en las interrelaciones de los gastos en bienes de consumo, la distribución del tiempo, las actividades diarias, grupos de residentes, y la generación de residuos, se empleó para estimar la generación de RSU por diferentes actividades y grupos de residentes en cinco provincias (Zhejiang, Guangdong, Hebei, Henan y Sichuan) de China. Estas cinco provincias fueron elegidas para este estudio y los patrones de distribución de los RSU generados por diferentes actividades y grupos de residentes fueron revelados. Los resultados muestran que la generación de residuos en el SA y LA fluctuó ligeramente entre 2003 y 2008. Para la generación de residuos en general en las cinco provincias, MA representa más del 70% del total de los RSU, SA de aproximadamente 10%, y LA entre 10% y 16% por los residentes urbanos en 2008. Las hembras producen más al día que los hombres en los RSU MA. Los machos producen más al día de RSU que las mujeres en SA y LA. Los desechos producidos en los fines de semana en MA y LA eran mucho mayores que los días de semana, pero menos que los días de semana para desechos SA. Por otra parte, uno de los parámetros del modelo (la generación de residuos por unidad de gasto de los consumidores) es inversamente proporcional a la renta disponible per cápita de los residentes urbanos. Existe una correlación significativa entre el producto interno bruto (PIB) y la generación de residuos por SA se observó con un alto coeficiente de determinación. (Fu, Li & Wang, 2015)

Song y colaboradores en 2015, afirman que con el aumento de la población, la economía en auge, la rápida urbanización y el aumento del nivel de vida de la comunidad se han acelerado en gran medida la generación de residuos sólidos en el mundo, especialmente en los países en desarrollo. Los residuos sólidos se han convertido en uno de los problemas ambientales globales. Residuos es el símbolo de la ineficacia de cualquier sociedad moderna y una representación de los recursos mal asignados. El volumen global de residuos sólidos se estima alrededor de 11 mil millones de toneladas por año (usando 2.5ton camiones puede convertir 300 círculos alrededor del ecuador) en 2011, y la generación per cápita de residuos sólidos es de aproximadamente 1,74 toneladas / año en el mundo. (Song, Li, & Zen, 2015)

Ji y colaboradores en 2015, diseñan un nuevo tipo de cemento espumado (FC) de cemento Portland (PC), cenizas (FA), escoria de acero (SS) vuela, y el agente de espuma ha sido desarrollado con el propósito de preparar los materiales de construcción de bajo consumo. El efecto de la SS y FA en las propiedades tales como densidad aparente y resistencia a la compresión de la mezcla de base fue investigado sistemáticamente. Los resultados indicaron que la mezcla de base con 50% PC, 30% FA y 20% SS mostró las propiedades óptimas. Por un control adecuado de la dosis de agente de espuma, una serie de FC con una gama de densidades aparentes ( $350-1340 \text{ kg / m}^3$ ) se obtuvieron para la medición experimental. El correspondiente de conductividad térmica ( $k_e$ ) de las muestras se midió mediante un aparato de placa caliente guardada. Además,  $k_e$  también fue predicho por un modelo modificado. La comparación con el modelo anterior, el modelo modificado tuvo una mayor precisión y menor tiempo calculado. Finalmente, las predicciones se compararon con los datos experimentales y otros modelos analíticos existentes. Los resultados indicaron que los resultados predichos concuerdan bien con los valores medidos. (Ji, He, Zhang, Liu & Wang, 2015)

Scarlat y colaboradores en 2015, afirman que la energía es un tema crítico para África, donde gran número de personas no tienen acceso a la energía. La recuperación de energía a partir de residuos puede desempeñar un papel en minimizar el impacto de los residuos sólidos urbanos (RSU) en el medio ambiente, con el beneficio adicional de proporcionar una fuente local de energía. Este estudio se llevó a cabo para evaluar, a nivel de África, el papel que los residuos podrían desempeñar en el suministro de energía a los ciudadanos y proporciona una estimación del potencial total de energía a partir de la incineración de residuos y de gas de relleno sanitario (GRS). Los resultados muestran un potencial energético de todos los residuos generados en África de 1125 PJ en 2012 y 2199 PJ en 2025. Sin embargo, si se considera la recuperación de energía a través del biogás, a unos 155 PJ podría recuperarse en 2012 y 363 PJ en 2025 si los residuos recogidos en realidad o proyectado para ser recogidos, se considera. La generación de electricidad podría alcanzar los 62,5 TWh en 2012 y 122,2 TWh en 2025, en el caso de la recolección de residuos por completo, en comparación con el consumo de electricidad en África de

661,5 TWh en 2010. Si los residuos recogidos en realidad se considera, estas estimaciones a disminuir, respectivamente, a 34,1 TWh en 2012 y 83,8 TWh en 2025. Además de las estimaciones continentales, el estudio proporciona información detallada a nivel de país y una visión de la distribución espacial de la energía a partir de residuos basada en la población de la ciudad en las principales ciudades africanas. (Scarlat, Motola, Dallemand, Monforti-Ferrario & Mofor, 2015)

Bernat y colaboradores en 2015, establecen que hay una necesidad de estudiar la producción de biogás de sustratos de residuos utilizando pruebas de rutina debido a las características de estos sustratos influyen en la cinética de la fermentación de metano. En este estudio, la producción de biogás a partir de diferentes fracciones de tamaño de los residuos sólidos (0-20 mm, 20-40 mm, 20-80 mm, y 40-100 mm) se midió usando un ensayo de 90 días la producción de gas en condiciones mesófitas. Se determinó cómo la estructura de la comunidad metanogénica durante la fermentación se corresponde con la composición química de las fracciones de tamaño. Bernat, Zielińska, Cydzik-Kwiatkowska & Wojnowska-Baryła, 2015)

La producción de biogás fuertemente correlacionada negativamente con las constantes de velocidad de la producción de biogás ( $k_{\text{biogás}}$ ) debido a las diferencias en la disponibilidad de sustancias orgánicas. Los microorganismos en la fracción de tamaño de 20-80 mm producen la mayoría de biogás ( $252 \pm 11$  L TS / kg,  $k_{\text{biogás}} = 0,16 \pm 0,04$  días<sup>-1</sup>), que tenía el más alto contenido de metano (ca. 50%), probablemente porque este tamaño fracción tuvo el mayor contenido de materia orgánica y de la comunidad microbiana más diversa. En esta fracción de tamaño, Methanosarcinaceae (microorganismos acetoclástica) y methanobacterias (microorganismos hidrogenotróficas) fueron más abundantes que en otras fracciones. La fracción de tamaño 0-20 mm produjo la menor cantidad de biogás ( $65 \pm 8$  L / kg TS); sin embargo, sus  $k_{\text{biogás}}$  fue la más alta ( $0,32 \pm 0,05$  días<sup>-1</sup>), lo que sugiere que la materia orgánica era fácilmente accesible para los microorganismos. Aunque la fracción de tamaño de 0-20 mm se considera que es una fracción mineral que se puede utilizar para recultivo, los resultados de este estudio

sugieren que esta fracción se debe procesar primero para evitar la contaminación del medio ambiente. (Bernat et al, 2015)

## **6.2. Programas de gestión integral de residuos sólidos**

Fierro y colaboradores en 2010, afirman que el artículo 28 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos establece que los grandes generadores de residuos sólidos están obligados a formular y ejecutar planes de manejo. Sin embargo, se encontró que los supermercados de diversas cadenas –locales, regionales y nacionales–, localizados en la ciudad de Mexicali, Baja California, México carecen de este plan. Se adecuó la Norma Oficial Mexicana NOM–AA–019–1985 (SECOFI 1985a) para realizar la caracterización *in situ* en tres supermercados; se observó que los residuos que se generan en mayor cantidad en los tres supermercados son el cartón con 10 239 kg/semana y los residuos orgánicos con 6728 kg/semana. Se encontró una diferencia en la composición de residuos orgánicos, en tanto en uno de los supermercados se genera en mayor cantidad el cebo de carne, mientras que en los otros dos son verduras y frutas. Los residuos orgánicos entre los tres supermercados representan aproximadamente 23 % del total de la basura generada. Una vez concluida la caracterización, se comparó con el diagnóstico previo realizado a través de la aplicación de una encuesta a los encargados de cada supermercado, evidenciándose un profundo desconocimiento en cuanto al tipo y la cantidad de residuos que generan diariamente. (Fierro, Armijo, Buenrostro & Valdez, 2010)

Zaman (2014) declara que el concepto de gestión de "basura cero" se ha convertido en una forma innovadora de abordar los problemas de residuos. Un número de investigadores ya han definido el concepto de diferentes maneras. Zero gestión de residuos es un concepto de gestión de residuos holístico que reconoce residuos como un recurso que se produce en la fase intermedia del proceso de consumo de recursos. Para medir el rendimiento y el progreso en la gestión de residuos cero, es importante tener ciertos indicadores que dibujan diferentes sistemas de gestión de residuos y predicen escenarios de desarrollo eficaces. Una serie de indicadores sobre

los sistemas de gestión de residuos que ya han sido desarrollados por muchos investigadores en muchas ciudades y países. Los indicadores disponibles en la actualidad aún no están suficientemente integrados e identificados como indicadores clave para la evaluación de sistemas de gestión de residuos. Por lo tanto, en un número importante de investigaciones de gestión de residuos, la presentación de informes diferentes, indicadores de representación de datos y la evaluación se han utilizado sin un punto de referencia comparativa adecuada.

El estudio tiene como objetivo identificar los indicadores de residuos núcleo cero que podrían utilizarse para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de residuos cero. Un conjunto de indicadores han sido identificados por los expertos de desecho como los indicadores clave para los sistemas de gestión de residuos cero. Después de una revisión intensiva literatura, los indicadores de residuos cero se clasificaron ampliamente en siete dominios diferentes, tales como geo-administrativas, socioculturales, de gestión, económicos, ambientales, organizacionales y políticos. Un total de 238 indicadores fueron identificados como indicadores preliminares de residuos cero y se envía al número de 650 profesionales de residuos de gran experiencia en todo el mundo por sus comentarios. Alrededor del 31 ( $n = 31$ ) profesionales participaron (tasa de respuesta del 4,8%) en la encuesta en línea y clasificado los indicadores de no necesitaba muy alta prioridad. Acerca de 165 indicadores fueron calificados como posibles indicadores para la evaluación de la gestión de residuos cero. Como 165 indicadores siguen siendo muy amplia, para su aplicación práctica, 56 indicadores fueron identificados como los indicadores más importantes para los sistemas de gestión de residuos cero y fueron calificados como indicadores casi muy alta prioridad por parte de los expertos de desecho. (Zaman, 2014)

Marshall & Farahbakhsh en 2013, indicaron que la Gestión de residuos sólidos (SWM) se ha convertido en un tema de creciente preocupación mundial como las poblaciones urbanas siguen aumentando y los patrones de consumo cambian. Las implicaciones ambientales asociadas con SWM salud y van en aumento en la urgencia, en particular en el contexto de los países en desarrollo. Aunque los sistemas

de análisis en gran medida la orientación bien definida, sistemas de ingeniería se han utilizado para ayudar a las agencias SWM en los países industrializados desde la década de 1960, la recogida y eliminación de dominar el sector de la SWM en los países en desarrollo. Esta opinión contrasta la historia y los paradigmas actuales de prácticas SWM y políticas de los países industrializados con los actuales desafíos y complejidades que enfrentan en el desarrollo de SWM país. En los países industrializados, la salud pública, el medio ambiente, la escasez de recursos, el cambio climático, y de sensibilización pública y de participación han actuado como motores SWM hacia el paradigma actual de SWM integrado. Sin embargo, la urbanización, la desigualdad y el crecimiento económico; aspectos culturales y socio-económicas; políticos, gobierno y aspectos institucionales; y las influencias internacionales han complicado SWM en los países en desarrollo. Esto ha limitado la aplicabilidad de los enfoques que tuvieron éxito a lo largo de las trayectorias de desarrollo SWM de los países industrializados. Esta revisión demuestra la importancia de la fundación de la nueva SWM se acerca para el desarrollo de contextos de los países en la ciencia y complejo post-normal pensamiento sistemas adaptativos. (Marshall & Farahbakhsh, 2013)

Herva y colaboradores en 2014, presentan los resultados de la evaluación ambiental de los procesos de tratamiento de residuos que se producen en LIPOR (Sistema de Gestión de Residuos Intermunicipal del Gran Porto - Portugal) en el período 2007-2011. Para ello se aplican dos metodologías, a saber, la Energía y Análisis de Flujo de Materiales (EMFA) y la Huella Ecológica (EF). Los beneficios de su aplicación conjunta son explorados, así como la utilidad de los indicadores derivados para guiar a la empresa en la identificación de los puntos calientes y en la mejora de sus prácticas de gestión. El Sistema de Gestión Integral de Residuos (IWMS) a LIPOR incluye varias unidades, específicamente la separación de varios materiales para su valorización (a saber, materiales de embalaje -como metales y plastics-, vidrio y papel y cartón), la incineración de residuos con recuperación de energía, compostaje de la fracción orgánica y el vertido de residuos pre-tratados. (Herva, Neto, & Roca, 2014)

Desde el EMFA, se puede destacar que la electricidad generada en la planta de recuperación de energía es el flujo de energía más importante y que supera en gran medida la demanda de energía del sistema LIPOR. De acuerdo a los resultados netos de EF, las unidades de recuperación de compostaje y de la energía se han encontrado como muy beneficioso en términos de ahorro de recursos. A pesar de que la planta de compostaje tiene la mayor EF bruto ( $0,28 \pm 0,02 \text{ gm}^2 \text{ kg}^{-1}$  en promedio para el período analizado, donde  $\text{gm}^2$  se refiere a metros cuadrados globales), un efecto contrario huella significativa asociada con la producción de compost se calculó ( $-1.51 \pm 0.10 \text{ g}^2 \text{ kg}^{-1}$  de los residuos en abono). La planta de recuperación de energía muestra la EF menor bruto ( $0.05 \pm 0.01 \text{ g}^2 \text{ kg}^{-1}$  de residuos quemados), sino también una importante contribución a la huella de contador ( $-0,78 \pm 0,01 \text{ gm}^2 \text{ kg}^{-1}$  en promedio). Estos resultados individuales son reportados a 1 kg de residuos tratados en cada instalación. Mientras tanto, la EF para la IWMS global alcanza  $-0.49 \pm 0.12 \text{ gm}^2 \text{ kg}^{-1}$ , donde este resultado se informó que el total de residuos tratados en LIPOR. El valor negativo significa que, en términos de la EF, el sistema global es beneficioso para el medio ambiente debido a la recuperación de los recursos, como el compost y electricidad. (Herva et al, 2014)

Mbiba en 2014, manifiesta a pesar que la última década ha sido testigo de una mayor toma de conciencia y los esfuerzos para aplicar la gestión integral de residuos sólidos en las ciudades africanas, un problema crónico de residuos urbanos perdura. Además, "fin de tubería intervenciones siguen siendo dominante y popular entre los administradores de la ciudad y parece que hay poco apetito por las políticas hacia la reducción integral aprobado globalmente residuos, el reciclaje y la separación de residuos en origen que son fundamentales para un sistema de gestión integral de residuos sólidos eficaz. Tras una revisión de la literatura y complementado por las notas de campo, este trabajo examina la voluntad de los hogares urbanos a participar en expandió a la separación de residuos de origen en Bulawayo, Lusaka y Mombasa. Se presenta evidencia empírica de la disposición de los hogares a participar en este tipo de programas que destacan por lo tanto un potencial sin explotar que los responsables políticos deberían hacer uso de en la expansión de los programas de reciclaje de residuos urbanos y reducción de los residuos sólidos en

África oriental y meridional. Estos programas se alinearían bien con las economías emergentes de bajo carbón. (Mbiba, 2014)

Domingo y otros en 2015, realizaron una investigación de cribado para evaluar los riesgos para la salud humana del Fondo para el Manejo Integral de Residuos (IWMF: planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB) más incinerador de residuos sólidos urbanos (IDMS); Ecoparc-3) de Barcelona (España). Concentraciones en el aire de contaminantes potencialmente liberados por la planta MBT (COV) y bioaerosoles y la IDMS (oligoelementos, PCDD / Fs y PCBs) se determinaron. Oligoelementos, también se analizaron PCDD / Fs y PCBs en muestras de suelo. Las concentraciones de elementos traza y bioaerosoles fueron similares a los reportados previamente en otras áreas de características similares, mientras que el formaldehído era el predominante VOC. Curiosamente, las concentraciones de PCDD / F en el suelo y el aire fueron las más altas jamás registrado cerca de un IRSU en Cataluña, siendo las concentraciones máximas de 10,8 ng EQT-OMS / kg y 41,3 fg EQT-OMS / m<sup>3</sup>, respectivamente. Además, no ha habido ninguna reducción en los suelos, incluso después del cierre de una planta de energía situado de forma adyacente. Riesgos para la salud humana de la exposición a PCDD / F en el núcleo urbano más cercano se encuentra a favor del viento la IRSU son hasta 10 veces más altos que los otros cerca IDMS en Cataluña. Aunque los resultados deben ser considerados como muy preliminares, son una seria advertencia a las autoridades locales .Es muy recomendable para llevar a cabo estudios adicionales para confirmar estos resultados y si es necesario, para poner en práctica medidas para mitigar con urgencia el impacto de la IDMS en el medio ambiente circundante. También hay que señalar la enorme importancia de una evaluación individual de IDMS, en lugar de generalizar sus riesgos ambientales y de salud. (Domingo, Rovira, Vilavert, Nadal, Marta & Schuhmacher, 2015)

Smith y colaboradores en 2015, afirman que la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos ofrece abundantes oportunidades para el uso industrial simbiótica basada en la ecología. La producción de energía, la economía y los aspectos ambientales se analizan cuatro alternativas basadas en diferentes tecnologías: la

incineración con recuperación de energía, la gasificación, digestión anaerobia y la fermentación. En estos casos, la electricidad y etanol son los productos considerados, pero los otros productos y los intentos de simbiosis se pueden hacer. Las cuatro tecnologías están en diferentes estados de desarrollo comercial. Para poner de relieve sus complejidades relativas algunos parámetros ajustables que son importantes para se discuten la operatividad de cada proceso. Si bien estas tecnologías deben ser consideradas para lugares y circunstancias específicas, información económica y ambiental generalizada sugiere comparaciones relativas para los procesos de nueva conceptualización. Los resultados del análisis basado en la ecología industrial sugieren que la digestión anaerobia puede mejorar siete categorías de emisión, mientras que la fermentación, la gasificación, y la incineración mejorar sucesivamente menos emisiones. Un análisis a nivel conceptual indica que la digestión de gasificación, anaeróbico, y las alternativas de fermentación conduce a resultados económicos positivos. En cada caso, las alternativas y sus supuestos necesitan más análisis para cualquier comunidad particular. (Smith, Sengupta, Takkellapati, & Lee, 2015)

Rigamonti y colaboradores en 2015, señalan que herramientas basadas en el Pensamiento de Ciclo de Vida (LCT) se utilizan habitualmente para evaluar el desempeño ambiental y económico de los sistemas integrados de gestión de residuos sólidos municipales (RSM). Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se utiliza para cuantificar los impactos ambientales, mientras Ciclo de Vida Costing (LCC) permite a las evaluaciones financieras y económicas. Estas herramientas requieren experiencia y conocimientos específicos, y una gran cantidad de datos. (Rigamonti, Sterpi, & Grosso, 2015)

El objetivo de este proyecto es la definición de un indicador para la evaluación de la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas integrados de gestión de RSU. El reto es definir un indicador simple pero completo que puede ser calculado también por los administradores locales y directivos del sistema de residuos y no sólo por los científicos o expertos LCT. (Rigamonti et al, 2015)

El indicador propuesto es un ser compuesto, constituido por tres indicadores individuales: dos de ellos evalúan la sostenibilidad ambiental del sistema mediante la cuantificación de los niveles de recuperación de materiales y energía lograda, mientras que el tercero cuantifica los costos. El indicador compuesto permite comparar diferentes sistemas de gestión integrada de los RSU de una manera objetiva, y para supervisar el rendimiento de un sistema en el tiempo.

El cálculo de los tres indicadores individuales ha sido probado en los sistemas de gestión de RSU integrados de la Región Lombardia (Italia), así como en cuatro de sus provincias (Milano, Bergamo, Pavia, y Mantua). ( Rigamonti et al, 2015)

Jourdain & Zwolinski en 2015, plantean un proyecto que se centra en los residuos no peligrosos procedentes de los sitios de recolección en Francia. El objetivo de este proyecto es aumentar la cantidad y calidad de los materiales reutilizables mediante la optimización de la cadena de producción de metal combustible y desechos, y para encontrar la mejor manera (s) para la recuperación de "multas" que se disponen actualmente como residuo final. En este documento se destaca que la composición de los tres sub-productos (combustibles para la industria del cemento, chatarra y multas) es interdependiente, y que cambia en un sub-producto puede afectar a los demás. Se verá que de diseño o de recogida de recomendaciones simples podrían mejorar significativamente el valor de los sub-productos. El proyecto gisement es una asociación entre dos empresas francesas: un reciclador, un fabricante de equipo de reciclaje y un laboratorio francés, G-SCOP, especializada en el diseño ecológico. (Jourdain & Zwolinski, 2015)

### **6.3. Alternativas de gestión de residuos en la industria petroquímica-plástica**

Sandrea y Boscán en 2010, analizan la variable ambiental como parte de la gerencia empresarial en el sector zuliano de manufacturas plásticas, a través de un estudio descriptivo-documental. Entre los resultados destacan: la importancia del cambio

cultural en las organizaciones para lograr una actitud favorable al medio ambiente; asimismo se consideró la gerencia ambiental como un factor clave para el sector, destacando la incorporación de tecnologías verdes. Sin embargo, la mayoría de las empresas presenta un importante nivel de obsolescencia técnica, al tiempo que carecen de capacidad de generación endógena de tecnología, lo cual conspira contra la introducción de técnicas amigables con el medio ambiente. Se concluye que se requiere desarrollar programas de conversión tecnológica acordes con estándares internacionales para generar productos biodegradables (Sandrea & Boscan, 2010)

Al-Salem y colaboradores en 2010, establecen que los polímeros son el material más versátil en nuestra era moderna. Con ciertos productos químicos y aditivos (pigmentos, concentrados, anti-bloqueantes, transformadores de luz (LTS), estabilizadores UV, etc.), se convierten en lo que conocemos como los plásticos. Realizan un estudio que tiene como objeto realizar análisis en profundidad en relación con las vías de recuperación, tratamiento y reciclado de residuos sólidos de plástico (PSW), así como las principales ventajas y desventajas asociadas con cada ruta. Recuperación y reciclaje de PSW se pueden clasificar por cuatro rutas principales, es decir, re-extrusión, mecánica, química y de recuperación de energía. Re-extrusión (reciclaje primaria) utiliza plásticos de desecho por la reintroducir el recordatorio de ciertos termoplásticos extruidos (principalmente poli- $\alpha$ -olefinas) en ciclos de calor dentro de una línea de procesamiento. Cuando los artículos de plástico se desechan después de un número de ciclos de vida, técnicas de reciclaje mecánicas se presentan como un candidato para la utilización de un porcentaje de los residuos como reciclado y / o cargas. Colectivamente, todas las tecnologías que convierten los polímeros a cualquiera de monómeros (monómero de reciclado) o petroquímicos (reciclado de materia prima) se hace referencia a reciclaje como química. La tecnología detrás de su éxito es el proceso de despolimerización (por ejemplo termólisis) que pueden resultar en un esquema industrial muy rentable y sostenible, proporcionando un alto rendimiento del producto y una pérdida mínima. Sin embargo, debido a su alto valor calorífico y energía incorporada, los plásticos están siendo incinerados exclusiva o en combinación con los residuos sólidos urbanos (RSU) en muchos países desarrollados. Esta revisión también

presenta una serie de aplicaciones y tecnologías actualmente siendo utilizado para incinerar plásticos. Los hornos de cemento y lechos fluidizados son las dos unidades más comunes utilizadas para recuperar energía de PSW o RSU con alto contenido PSW. Se concluye que, (métodos químicos) terciaria y cuaternaria (recuperación de energía) son lo suficientemente robusta como para ser investigado y estudiado en un futuro próximo, ya que proporcionan una solución muy sostenible al ciclo PSW. S.M. (Al-Salem, Lettieri & Baeyens, 2010)

Panda y colaboradores en 2010, acotan que el ritmo actual de crecimiento económico es insostenible sin ahorro de energía fósil como el petróleo crudo, gas natural o carbón. Por lo tanto la humanidad tiene que confiar en los suplentes / fuentes de energía renovables como la biomasa, la energía hidroeléctrica, la energía geotérmica, la energía eólica, la energía solar, la energía nuclear, etc. Por otro lado, la estrategia de gestión de residuos adecuada es otro aspecto importante del desarrollo sostenible. El crecimiento de los niveles de bienestar en la sociedad moderna durante las últimas décadas ha dado lugar a un enorme aumento en la producción de todo tipo de productos, que generan indirectamente residuos. Los plásticos han sido uno de los materiales con el crecimiento más rápido debido a su amplia gama de aplicaciones debido a la versatilidad y costo relativamente bajo. Dado que la duración de vida de los productos de plástico es relativamente pequeño, hay un flujo de residuos plásticos grandes que llega cada año a los beneficiarios finales, creando un grave problema ambiental. Una vez más, ya que el desecho de plásticos post consumo es cada vez más limitada por la legislación y aumento de los costos, hay una considerable demanda de alternativas a la eliminación o relleno de tierra. La investigación avanzada en el campo de la química verde podría producir polímeros biodegradables / verde pero está demasiado limitada en este punto del tiempo para sustituir los plásticos no biodegradables en diferentes aplicaciones. Una vez que las normas se han desarrollado para plásticos degradables que pueden ser utilizados para evaluar las formulaciones específicas de los materiales que encontrarán mejor aplicación en este estado en cuanto a sus características de rendimiento y uso. Entre las alternativas disponibles son la reducción de fuentes, la reutilización, el reciclaje y la recuperación del valor energético inherente a través de la incineración de residuos en energía y

aplicaciones de combustibles procesados. Producción de combustible líquido sería una mejor alternativa como el valor calorífico de los plásticos es comparable a la de los combustibles, alrededor de 40 MJ / kg. Cada una de estas opciones reduce potencialmente residuos y conserva los recursos naturales. Plásticos reciclaje, sigue avanzando con una amplia gama de tecnologías nuevas y viejas. Muchos de los proyectos de investigación se han llevado a cabo en el reciclado químico de residuos plásticos como combustible y el monómero. Esto también se refleja en una serie de piloto, demostración y plantas comerciales procesamiento de diversos tipos de residuos plásticos en Alemania, Japón, EE.UU., India y otros lugares. Se necesitan más investigaciones para mejorar la generación de productos de valor añadido (combustible) con inversiones bajas sin afectar el medio ambiente. El artículo revisa la literatura disponible en este campo de investigación activa e identifica las brechas que necesitan mayor atención. (Panda, Singh & Mishra, 2010)

Oyake-Ombisa y colaboradores en 2015, evalúan la incorporación de prácticas de innovación ambiental para hacer frente a los residuos plásticos en los centros urbanos de Kenia en la interfaz de gestión de residuos sólidos y de los sistemas de producción de plástico. El Nivel Perspectiva Multi en transiciones tecnológicas se utiliza para evaluar 7 vías de innovación de plástico prevención de residuos, reutilización o reciclaje. Se realiza una evaluación en cuanto a si las innovaciones conducen a cambios en los regímenes de gestión de residuos y la producción de plástico y, finalmente, un régimen integrado de producción y reutilización de plástico. El estudio forma parte de una revisión de los documentos y estadísticas de política, visitas y entrevistas en profundidad con los principales actores involucrados en la innovación relacionada con los residuos plásticos. El análisis comparativo de la construcción de redes sociales, expectativas de los actores y los procesos de aprendizaje en las 7 rutas de innovación revela que Kenia es todavía lejos de tener un régimen de producción-con-los residuos de plástico bien alineado que permite la prevención de residuos de plástico, reciclaje y prácticas de manejo. Las innovaciones de los propietarios de tiendas patio y las industrias de cosecha propia contribuyen a un régimen de reciclaje de residuos de plástico alineados, donde los exportadores de PET, vendedores de plástico biodegradables y coleccionistas CBO no lo hacen. Todos los actores de la

innovación se enfrentan a una falta de reconocimiento gubernamental y las directrices para cerrar el ciclo de la producción plástica y manejo de residuos. (Oyake-Ombis, van Vliet & Mol, 2015)

Singh y otros en 2015, acotan que numerosos estudios empíricos y conceptuales describen la minimización de residuos como un indicador de desempeño ambiental clave para la industria. 14001certification ISO en este sentido es ampliamente considerado como la herramienta de elección para conducir los esfuerzos de minimización de residuos. A día de hoy, sin embargo, la evidencia sigue siendo mixta en lo que respecta a la eficacia de la norma ISO 14001 en ayudar a las empresas a reducir los residuos, especialmente en los países en desarrollo. Este artículo explora los esfuerzos de minimización de residuos entre indios pequeñas y medianas empresas. En concreto, las mejoras en la minimización de residuos se analizan desde las pequeñas y medianas empresas que operan en las ciudades de Delhi y Noida. Nuestro modelo propuesto es la prueba de un modelo de ajuste, y las hipótesis se prueban a través de puntuaciones ( $\beta$ ) de los coeficientes de regresión para determinar la influencia de la norma ISO 14001 sobre el grado de minimización de residuos entre las empresas certificadas y no certificadas. Los datos revelan que la certificación ISO 14001 solo ayudó a cuenta de un aumento del 25% en la minimización de residuos en empresas certificadas después de controlar otros factores críticos (correlacionada con 'minimización de residuos "la variable) que pueden influir en esta relación. Las herramientas de análisis descritos en este documento se prestan a ser aplicados a problemas de investigación similares en futuros estudios. El estudio proporciona datos de referencia para la investigación adicional en ISO 14001 eficacia en el contexto de las PYME de la India - un campo con todavía sólo conocimientos limitados de investigación - y ofrece la política pide mejoras en la gestión del medio ambiente específicas en las empresas indias. (Singh, Brueckner & Padhy, 2015).

Janajreh y colaboradores en 2015, afirman que los plásticos dibujan una cantidad primordial de combustible fósil alcanzando cerca de 300 millones de toneladas al año y siguen entrando en todos los sectores de producción de nuestras vidas (automotriz,

aeroespacial, embalajes, construcción, juguetes, muebles, ropa, etc. médica). Si bien diferente de poliolefina, poli cloruro de vinilo (PVC), junto con muchos polímeros halogenados, todos pertenecen al mismo grupo termoplástico. PVC plastificado rígida se utiliza comúnmente en las tuberías, ventana de encuadre, revestimientos de suelos, láminas para techos y cables; de ese modo se descarta a un ritmo elevado. La adopción de una vía de reciclaje apropiado es tanto un valor económico y un beneficio ambiental. El contenido de cloruro de hidrógeno de alta y la preocupación de las dioxinas y los furanos emisión disuadir a su conversión termoquímica. Vuelva a la composición, sobre todo, cuando se genera una cantidad sustancial ya baja variación en la composición, es la estrategia de reciclaje final. En este trabajo, el análisis de la composición de PVC corriente de residuos de la industria del cable se lleva a cabo. Análisis gravimétrico térmico (TGA) se llevó a cabo para inferir la humedad, volátil, y las fracciones de carga inorgánica y el grado de estabilidad térmica. Estos datos son importantes para diseñar las re-capitalización, extrusión e inyección condiciones adecuadas para el PVC postconsumo. A la tracción estándar y muestras de tensión dinámicos fueron producidos y se sometieron a envejecimiento sucesiva, extrusión y moldeo. Propiedades térmicas fueron alteradas de manera insignificante, mientras que las propiedades mecánicas pierden algunos, pero la flexibilidad tolerable. Los resultados sugieren que el polímero cable de PVC pueden ser reutilizados en la fabricación sostenible estrecha que justifica beneficio ecológico y económico. (Janajreh, Alshrah & Zamzam, 2015)

Wang y colaboradores en 2015, manifiestan que el reciclaje es una manera eficaz de gestión de los desechos de plástico y recibe una atención considerable. Desde mezclas de plástico son difíciles de reciclar debido a sus características intrínsecas, la separación de plásticos mezclados es el problema clave para el reciclaje. Separación de tereftalato de polietileno (PET) a partir de plásticos de desecho municipales (MWP) por flotación de espuma combinada con pretratamiento alcalino se investigó para el reciclaje de la industria. El efecto de las variables del proceso se estimó por  $L_9(3^4)$  matriz ortogonal de experimentos y experimentos solo factor. Las condiciones óptimas de pretratamiento alcalino son hidróxido de sodio 10% en peso, 20 min y 70 ° C. Después del pretratamiento alcalino bajo condiciones óptimas, la

flotación de PET separación de acrilonitrilo-butadieno-estireno, poliestireno, policarbonato o cloruro de polivinilo se logró con alta pureza y eficiencia. La pureza de PET es de hasta 98,46% y la recuperación está por encima de 92,47%. Un diagrama de flujo de PET separación de MWP por una combinación de flotación por espuma y la separación de flotación lavado estaba diseñado. Este estudio facilita la aplicación industrial de plásticos flotación y proporciona información técnica en el reciclaje de los residuos plásticos. (Wang, Wang & Liu, 2015)

Wong y colaboradores en 2015, expresan que debido a las fuentes de combustibles fósiles que agotan como el petróleo crudo, gas natural y carbón, la tasa actual de crecimiento económico es insostenible. Por lo tanto, muchas fuentes de energía renovable han sido explotados, pero los potenciales de otras fuentes tales como los residuos plásticos se aún por desarrollarse plenamente como actividad económica a gran escala. Desarrollo y modernización han provocado un enorme aumento en la producción de todo tipo de productos de plástico, que directa o indirectamente generan residuos debido a su amplia gama de aplicaciones junto con su versatilidad de tipos y costo relativamente bajo. El escenario actual de la tecnología de reciclaje de plástico se revisa en este trabajo. El objetivo es proporcionar al lector un análisis en profundidad con respecto a la pirólisis de residuos plásticos como se obtiene en la tecnología de reciclaje actual. A medida que el poder calorífico de los plásticos es comparable a la de combustible de hidrocarburos, producción de combustible a partir de residuos plásticos proporcionaría una buena oportunidad de utilizar los residuos como una mejor alternativa a los vertederos. Diferentes técnicas de conversión de residuos plásticos en combustible incluyendo pirólisis térmica y catalítica, la pirólisis asistida por microondas y craqueo catalítico fluido se discuten en detalle. También se destacó la co-pirólisis de residuos plásticos con biomasa. Por lo tanto, se hizo un intento de abordar el problema de la eliminación de residuos de plástico como un reemplazo parcial del combustible fósil que agotan con la esperanza de promover un medio ambiente sostenible. (Wong, Ngadi, Abdullah & Inuwa, 2015)

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Identificación de áreas generadoras de Residuos Sólidos

En general los procesos de transformación de plásticos generan residuos sólidos (scrap) que pueden ser reprocesables y no reprocesables. El scrap reprocesable, se separa en la fuente, se almacena en contenedores o recipientes cerrados para evitar su contaminación, se muelen y luego se realimentan en etapas iniciales del proceso productivo. Los materiales no reprocesables se almacenan en bolsas plásticas dentro de canecas y se llevan al área de transferencia de materiales, para su posterior recolección y disposición final por parte de la empresa de aseo.

La mayor parte de los residuos reciclables y no reciclables generados, provienen básicamente del material de empaque de materias primas, bolsas, película, cartón, zunchos, papel y madera. Actualmente, se trabaja con una corporación de reciclaje que se encarga de recoger los residuos de cartón, madera y plástico que se generan dentro de las instalaciones de la empresa, para su posterior aprovechamiento.

Tabla 3. Manejo actual de los residuos sólidos

Diagnostico Actual			
Planta/Área	Proceso	Tipo de residuo	Manejo
Película de PVC	Recepción y Almacenamiento	Plástico, zunchos, papel y madera	Se colocan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
	Preparación de Mezcla y Alimentación	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Extrusión del Compuesto PVC Peletizado	Tortas de Material quemado	Se separan en la fuente, se almacenan en bolsas o huacales de madera y se llevan en zona establecida para su posterior venta para reciclaje externo.
	Extrusión de la Película	Película fuera de especificaciones (rasgada, menor espesor, etc)	Se almacenan en contenedores cerrados para evitar su contaminación, se muelen y el molido se almacena en Big-Bags para luego ser realimentado al proceso de extrusión del compuesto peletizado.
	Acabado	Refilado	Se colocan en canecas y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
	Empacado	Cartón	

\*No Aplica

Fuente: Autor

Tabla 4. Manejo actual de los residuos sólidos (continuación)

Diagnostico Actual			
Planta/Área	Proceso	Tipo de residuo	Manejo
Rotomoldeo	Recepción y Almacenamiento	Plástico, zunchos, papel y madera	Se colocan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
	Pulverización del Material	Gránulos de diámetro mayor a las especificaciones de calidad.	Retroalimentación al proceso de pulverización
	Mezclado y Pesaje de Cargas	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Rotomoldeo de Tanques y macetas	Producto no conforme	Se muelen con un molino dotado de cuchillas y motores de gran capacidad. Luego el molido se pulveriza y es realimentado en proceso de Rotomoldeo.
	Acabado final	Virutas y recortes	
	Empaque	Cartón	Se colocan en canecas y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
Vasos	Recepción y Almacenamiento	zunchos, papel y madera	Se colocan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje
	Mezcla de EPS con aditivos	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Expansión del EPS		
	Moldeo del Vaso	Producto no conforme	Se almacenan en Big-Bags para luego ser realimentado en las cargas del proceso poliestireno
	Empaque	Cartón, plástico y madera	Se colocan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje
Láminas y Perfiles	Recepción y Almacenamiento	Plástico, zunchos, cartón	Se colocan en canecas y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
	Alimentación al Proceso	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Extrusión de lámina	Material no conforme	se almacenan en contenedores para evitar su contaminación o sobre estibas de acuerdo con el tipo de material si es torta o láminas no conforme, se muelen y el molido se almacena en Big-Bags para luego ser realimentado directamente al proceso de extrusión.
	Empacado	Cartón y Plástico	Se colocan en canecas y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje

\*No Aplica

Fuente: Autor

Tabla 5. Manejo actual de los residuos sólidos (continuación)

Diagnostico Actual			
Planta/Área	Proceso	Tipo de residuo	Manejo
Tejas de PVC	Recepción y Almacenamiento	Plástico y cartón	Se colocan en canecas y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje
	Preparación de mezcla de PVC	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Extrusión de Tejas	Material no conforme	Los materiales reprocesables se almacenan sobre estibas o en canecas para evitar su contaminación, se muelen y el molido se almacena en Big-Bags para luego ser realimentado al proceso de extrusión. Los materiales no reprocesables, se almacenan en bolsas o huacales de madera y se almacenan para su posterior venta.
	Estibado	Madera	Es enviada al centro de acopio interno para ser donados a una corporación de reciclaje
Poliestireno	Recepción y Almacenamiento	Madera, plástico	Se colocan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a un centro de acopio interno denominado estación de transferencia de materiales reciclables para ser donados a una corporación de reciclaje.
	Preparación de carga y Alimentación	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Polimerización	Tortas de Material que cae al piso	Son molidas y realimentados en la carga de Poliestireno de impacto
	Extrusión y corte de Pellets	Tortas de material fuera de especificaciones, finos y gruesos	
	Acabado	No se generan residuos sólidos	*N/A
	Empaque	cartón, madera	Se separan en canecas o sobre estibas de acuerdo al tipo de material y se llevan a la estación de transferencia de materiales reciclables para su reciclaje externo.
Almacén	Almacén y bodega Dexton	Cartón, papel, bolsas plásticas	Son sacados y colocados sobre estibas de madera y posteriormente recogidos por un montacargas para ser llevados al área de transferencia de materiales reciclables; esto se realiza todos los días. Los cartones y bolsas plásticas en buen estado son separados, el papel es manejado como ordinario (no se separa). Falta señalización del área en que se colocan los residuos.
Taller de Mantenimiento	Taller	Chatarra	Es colocada sobre una estiba de madera y llevada al centro de acopio para su posterior venta

\*No Aplica

Fuente: Autor

### 7.1.1. Cuantificación de Residuos Sólidos

Actualmente, tal como lo dice Montoya & Martínez (2013), el inadecuado manejo de residuos sólidos es una situación latente en el mundo; en Colombia, muestra de esta problemática es la acumulación diaria de toneladas de residuos en los Rellenos Sanitarios, producto de los hábitos de producción y consumo de los seres humanos en la industria, el hogar, las instituciones. En la **Tabla 6** se logra evidenciar que hay un

aumento (10.2%) en la generación de residuos sólidos generados, pasando de 545.750 kg en el año 2013 a 601.492 kg en el año 2014. En 2014 se generaron 240.230 kg de Madera (estibas en mal estado) que corresponde al 40% del total, seguido por 193.071 kg de Cartón (cajas y material de empaque) con el 32% y finalmente 168.191 kg Plástico (bolsas, zunchos, películas de empaque) con un 28%. La mayor parte de cartón, madera y plástico se generan del proceso de *Almacenamiento y Recepción*, y el del *Empaque*.

Tabla 6. Cantidades de residuos generados en 2013 vs. 2014

Residuos Ordinarios	Kilogramos generados en 2013	Kilogramos generados en 2014
Cartón	173.349	193.071
Madera	225.050	240.230
Plástico	147.351	168.191
<b>TOTAL</b>	<b>545.750</b>	<b>601.492</b>

Fuente: Autor

Figura 5. Residuos sólidos generados en 2013

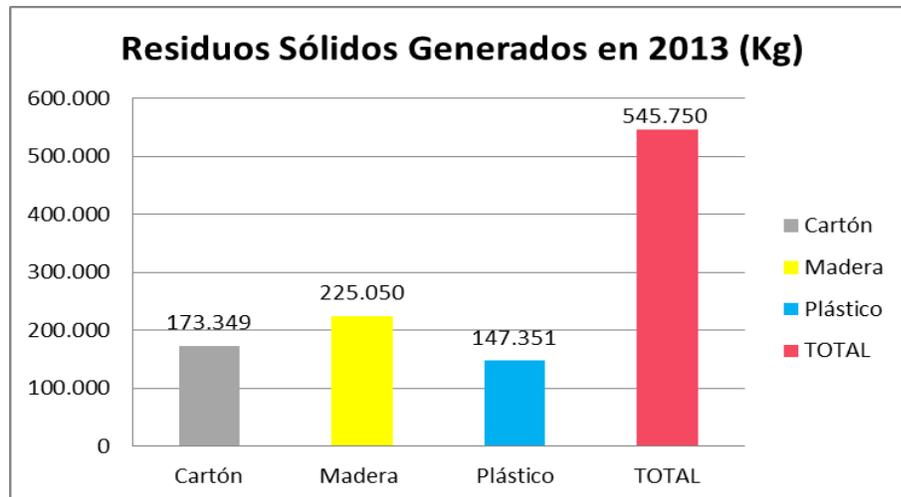


Figura 6. Residuos sólidos generados en 2014

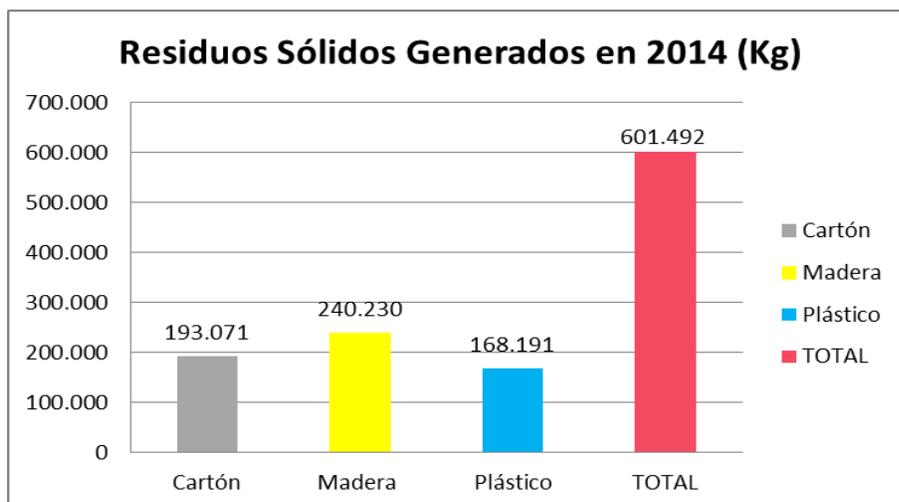
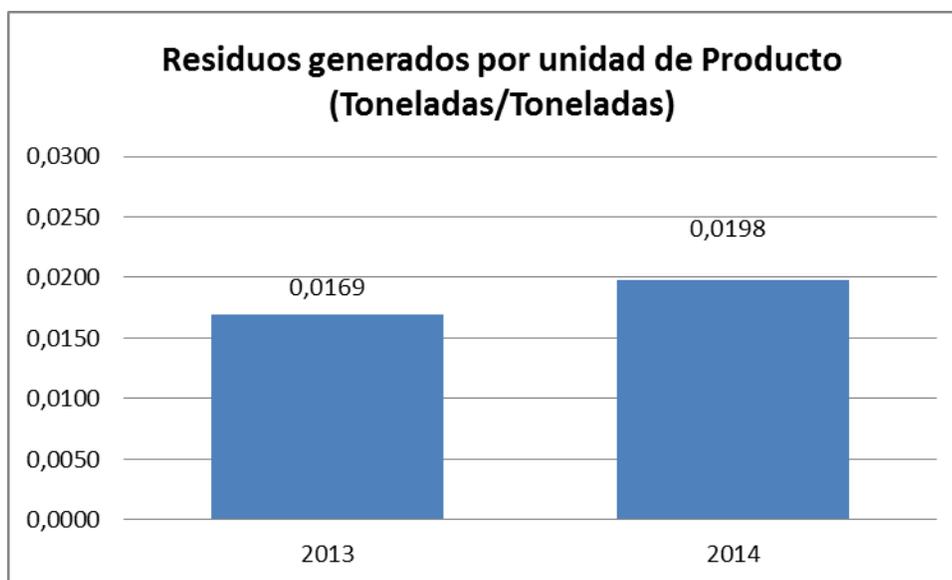


Figura 7. Residuos generados por Unidad de Producto



Fuente: Autor

La relación cantidad de residuos generados por unidad de producto en los años 2013 y 2014 pasó de 0.0169 a 0.0198, lo que quiere decir hubo un aumento de 14% en la cantidad de residuos sólidos que se generan por unidad de producto fabricada (Figura 7) Este incremento se debe básicamente a que en 2014 hubo una mayor cantidad de desechos enviados al centro de acopio de materiales producto de la mala separación que impide que estos sea reincorporados al proceso y a fallas técnicas que presentaron

maquinas por falencias en el plan de mantenimiento de equipos, lo que se tradujo en una baja en la producción.

### **7.1.2. Prevención y Minimización**

En el proceso de producción los residuos generados o el material que no cumple las condiciones exigidas por el cliente, se reincorporan al proceso.

La reincorporación al proceso de los productos no conformes es posible gracias a que el tipo plástico que se maneja en cada una de las plantas se encuentra dentro de la categoría de *Termoplásticos*, los cuales al estar compuestos por cadenas lineales y ramificadas, se funden al ser sometidos al calor y pueden adoptar nuevas formas presentando pequeñas variaciones en sus principales propiedades (densidad, índice de fluidez).

### **7.1.3. Separación en la fuente**

Dentro de la empresa se cuenta con un sistema de canecas ubicadas en las plantas de producción y cafeterías. Sin embargo, estas no poseen una demarcación o rotulado tal como lo indica la NTC GTC 24 que especifica el tipo de residuo que se debe colocar; sumado a esto hace falta concientización y capacitación del personal. Lo expuesto anteriormente trae como consecuencia que no se realice una adecuada separación en la fuente.

### **7.1.4. Almacenamiento**

Dentro de la organización existen un sitio establecido para la disposición de residuos sólidos generales, este se subdivide en dos áreas de almacenamiento temporal una destinada para residuos ordinarios no reciclables que son entregados para disposición final y otra para los residuos reciclables. Para estos últimos se cuenta con un área para el cartón, una para el plástico y otra para la madera.

### **7.1.5. Tratamiento**

No se realiza ningún tipo de tratamiento. El material reciclable es organizado por dos personas de la Corporación de Reciclaje de Cartagena, que se encarga de su

recolección y aprovechamiento. El material reprocesable es molido para luego ser reincorporado al proceso.

### **7.1.6. Disposición Final o Aprovechamiento**

Los residuos sólidos ordinarios no reciclables son dispuestos por la empresa prestadora de servicio ASEO URBANO DE LA COSTA en el Relleno sanitario denominado Parque Ambiental Los Cocos. Los residuos reciclables (cartón, plástico y madera) son entregados (donados) a la Corporación de Reciclaje de Cartagena para su posterior aprovechamiento. El producto no conforme es reincorporado al proceso.

## **7.2. Programas para la Gestión de Residuos**

Siendo consecuente con los hallazgos realizados con el diagnóstico de manejo actual de residuos, se han formulado 3 programas

### **7.2.1. Programa de Capacitación y Sensibilización**

La concientización de las personas es uno de los pilares para una adecuada Gestión de Integral de Residuos Sólidos. Se les debe dar a conocer la problemática y hacerlos partícipes activos de la solución, creando así una cultura ambiental.

#### **Objetivo**

Capacitar a todo el personal de la empresa sobre la problemática de los residuos sólidos y la importancia ambiental y social de un adecuado manejo de estos.

#### **Meta**

Cumplir con el 100% del personal sensibilizado y formado en la gestión Integral de los Residuos Sólidos.

#### **Actividades**

Con las actividades propuestas en la **Tabla 7** se pretende brindar las herramientas necesarias para cumplir con el objetivo propuesto.

Tabla 7. Actividades programa de Capacitación y Sensibilización

ACTIVIDADES	TIEMPO (MES)			RESPONSABLE	COSTO
Diseñar campaña de sensibilización en la gestión integral de Residuos Sólidos.	X			Departamento de Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 100.000
Realizar capacitación al personal para divulgar la puesta en marcha del programa.	X			Departamento de Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 150.000
Elaborar materiales didácticos de apoyo para las capacitaciones y sensibilización. (Afiches, pendones, presentaciones, etc.)	X	X		Departamento de Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 200.000
Crear y documentar procedimiento para la separación de en la fuente de acuerdo a la NTC 24.	X	X	X	Departamento de Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 30.000
Realizar campañas de concienciación que fomenten el compromiso de todo el personal (estímulos).	X	X	X	Departamento de Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 500.000

Fuente: Autor

### Indicadores

- **Porcentaje de personal sensibilizado**

$$IPS = \frac{CP}{CR} * 100$$

*IPS: Indicador de personal sensibilizado (%)*

*CP: Capacitaciones programadas*

*CR: Capacitaciones realizadas*

- **Porcentaje de empleados que asisten a capacitaciones**

$$IEAC = \frac{EC}{ET} * 100$$

*IEAC: Indicador de empleados que asisten a las capacitaciones. (%)*

*EC: Empleados capacitados*

*ET: Empleados totales.*

- **Porcentaje de empleados que aprueban las capacitaciones**

$$IEAC^* = \frac{EAC}{EC} * 100$$

*IEAC\*: Indicador de empleados que aprueban las capacitaciones. (%)*

*EAC: Empleados que aprueban las capacitaciones.*

### **Recursos Necesarios**

- Folletos y material informativo
- Datos de disposición de residuos entregados por Aseo Urbano de la Costa
- Apoyo de formadores internos para el proceso de toma de conciencia del programa.
- Software (Excel, Power Point)
- Registros de capacitaciones

## 7.2.2. Programa de Separación en la Fuente y Aprovechamiento de Residuos Reciclables

### Objetivo

Mejorar la separación en la fuente de los residuos sólidos generados, de manera que se genere un mayor volumen de material reciclable y así para valorizar los residuos reciclables.

### Meta

Aumentar en un 15% la cantidad de residuos sólidos reciclables separados en la fuente.

### Actividades

Las actividades propuestas en este programa tienen como finalidad garantizar una adecuada separación en la fuente.

Tabla 8. Actividades programa de Separación en la Fuente y Aprovechamiento de residuos reciclables

ACTIVIDADES	TIEMPO (MES)			RESPONSABLE	COSTO
Realizar un inventario de canecas existentes por planta o área	X			Gerentes y Jefes de planta	\$ 50.000
Instalar y dotar puntos ecológicos, de acuerdo con el código de colores (NTC 24).	X	X		Director de Calidad, Ambiente e Inocuidad/ Gerentes de planta	De acuerdo al inventario de canecas*
Diseñar y aplicar programas de incentivos que estimulen la separación en la fuente de los residuos reciclables.		X		Director Calidad, Ambiente e Inocuidad/ Gerentes de planta	\$ 200.000

Revisar e incorporar el manejo de residuos sólidos a las descripciones de cargo, procedimientos e instructivos de la empresa			X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad/ Recursos Humanos	\$ 100.000
Efectuar las actividades de coordinación interna, necesarias para comercializar los residuos reciclables.			X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad/Gerente de Responsabilidad Integral	\$ 100.000
Evaluar alternativas de reutilización de los residuos sólidos generados			X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad/Gerentes de Planta	\$ 200.000

\*Se debe realizar un inventario del total de canecas existentes para saber qué cantidad de canecas y de colores se deben comprar

Fuente: Autor

### Indicador

- **Aumento de residuos reciclables separados en la fuente.**

$$IRSF = 100 - \left( \frac{RSFA}{RSFA^*} * 100 \right)$$

*IRSF: Indicador de residuos separados en la fuente. (%)*

*RSFA: Residuos reciclables separados en la fuente mes anterior. (Kg)*

*RSFA\*: Residuos separados en la fuente mes actual. (Kg)*

### Recursos Necesarios

- Etiquetas de colores que serán utilizadas para identificar las bolsas
- Bascula para el pesaje de los residuos entregados

- Registro de las cantidades de residuos reciclables y entregados para disposición final
- Puntos ecológicos

### 7.2.3. Programa de Seguimiento y Control

#### Objetivo

Realizar seguimiento a la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos.

#### Meta

Llevar registros del 100% de las actividades realizadas en el marco del Plan de Gestión Integral de Residuo Sólidos.

#### Actividades

El seguimiento es parte fundamental, esto nos permitirá llevar un registro de las actividades y evaluar la eficiencia de los programas. Nos permite estar siempre dentro de una mejora continua.

Tabla 9. Actividades programa Seguimiento y Control

ACTIVIDADES	TIEMPO (MES)			RESPONSABLE	COSTO
Realizar inspecciones periódicas en cada área para verificar que se esté realizando el manejo adecuado de los residuos.		X	X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 50.000
Llevar registros de cantidades de residuos entregados para disposición o aprovechamiento	X	X	X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad	\$ 600.000
Asignar un Vigía Ambiental en cada área o división de la empresa	X	X	X	Jefes de Planta	\$ 600.000

Evaluar la implementación del Plan de Gestión Integral de residuos sólidos no peligrosos mediante la medición de indicadores.			X	Director Calidad, Ambiente e Inocuidad/ Gerentes de planta	\$ 100.000
---	--	--	---	---	------------

Fuente: Autor

### Indicador

$$PAR = \left( \frac{AR}{AR^*} * 100 \right)$$

*PCR: Porcentaje de actividades registradas. (%)*

*AR: Numero de actividades registradas.*

*AR\* : Numero de actividades realizadas.*

## 7.3 Alternativas de Gestión

### 7.3.1 Alternativas de Aprovechamiento

Como se puede observar en las estadísticas de generación de residuos de la empresa se producen grandes volúmenes (**Figura 5, Figura 6**) de material que en estos momentos están siendo donados (cartón, plástico, madera).

Para el cartón, plástico y madera se propone contactar empresas encargadas de la compra de este tipo de material y establecer una relación comercial con la que mejor precio de compra ofrezca y cumpla con los requisitos que se establecen el **anexo.2**. Una vez escogida una empresa, estos requerimientos deben ser revisados periódicamente (anual o semestralmente) y realizar una visita a las instalaciones con la misma periodicidad. La venta de estos residuos se convertirá en un ingreso de dinero para la empresa, el cual sirve para organizar diversas campañas de educación ambiental en las comunidades aledañas, desarrollar eventos deportivos para la

recreación del personal o cualquier otra actividad para incentivar a los empleados a realizar un adecuado manejo de los residuos.

Adicionalmente, para la madera se propone también desarrollar un programa para la reparación de las estibas que llegan hasta el centro de acopio, y estas a su vez vuelvan a ser utilizadas para el almacenamiento de materia prima y producto terminado que es de comercialización nacional. Para esto se debe colocar una persona que se dedique exclusivamente a esta actividad.

De acuerdo a lo encontrado en estado del arte, para el plástico (tortas de material quemado, material de empaque) y cartón se propone una alternativa de aprovechamiento mucho más tecnológica y ambiciosa que consiste en realizar una incineración controlada para recuperación energética teniendo en cuenta el alto poder calorífico que poseen estos materiales, tal como se muestra en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Poder calorífico de algunos materiales

<b>Residuo</b>	<b>Poder Calorífico (Kcal/Kg)</b>
Residuos de cocina y de jardín	2.000
Lodo seco de tratamiento de agua	2.353
Papel de revistas	2.900
Cartón	3.750
Papel periódico	4.000
Textiles orgánicos naturales	4.000
Policloruro de Vinilo (PVC)	4.500
Llantas usadas	6.500
Fibras sintéticas	8.300
Engrasantes, aceites y grasas	9.000
Polietileno (PE)	11.000
Poliestireno (PS)	11.000

Fuente. Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial (2004)

El método más eficaz de recuperación de energía (hasta el 85%) es la incineración de los residuos hasta producir vapor a alta presión para la generación de electricidad, vapor a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares. Sin embargo, la mayoría de las plantas en las que se recupera energía de los

residuos no intenta conseguir esos tres fines. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

La incineración con recuperación energética representa ya la principal forma de valorización de los residuos plásticos en Europa, los Estados Unidos y Japón, aunque es poco utilizada en los países en vías de desarrollo, lo que representa una oportunidad para que se empiece a incursionar en este campo a pequeña escala dentro de la compañía y obtener los beneficios que brinda esta tecnología. Es este caso en particular la energía que aquí se genere puede ser utilizada para alimentar a la red eléctrica interna de la empresa.

## 7.4. Oportunidades de Reducción, Reúso y Reciclaje Teóricas

Tabla 11. Técnicas o Métodos teóricos para la Reducción, Reúso y Reciclaje

<b>Objeto</b>	<b>Técnica o Método</b>	<b>Referencia/Autor</b>
<b>Reducción</b>	Compra de Materia Prima a granel o en grandes cantidades	IHOBE (1999)
	Reducción del stock de materias primas	Cardona(2007)
	Mejora de los procedimientos de operación	
	Mejora en el Mantenimiento de equipos	Arroyave & Garcés (2007)
	Modificación de los equipos de proceso (tecnologías limpias)	
<b>Reúso</b>	Utilizar los recipientes en los que viene la materia prima líquida como contenedores de residuos	IHOBE (1999)
<b>Reciclaje</b>	Reciclaje Primario o re-extrusión	Al-Salem, Lettieri & Baeyens(2009)
	Reciclaje Secundario o mecánico	Arandes , Bilbao & López (2004)
	Reciclaje terciario o químico	Al-Salem, Lettieri & Baeyens(2009)
	Reciclaje cuaternario o recuperación de energía	Herva, Neto & Roca (2014)

En la **Tabla 11** se muestran algunas técnicas o métodos teóricos para la reducción, reusó y reciclaje, estas últimas enfocadas hacia el plástico.

Al revisar las oportunidades teóricas para la reducción de residuos y realizar una comparación con las técnicas que actualmente se manejan en la empresa de estudio enfocadas a este aspecto, se evidencia que esta solo pone en práctica la *Compra de materia prima a granel o en grandes cantidades*. Maneja un gran stock (inventario) de materiales, los procedimientos de operación solo están enfocados a la parte de formación de producto (extrusión, rotomoldeo) y no incluyen todas las fases de producción como lo dice Cardona (2009), el plan de mantenimiento no es efectivo por lo que se presentan fallas que conllevan a la generación de productos fuera de especificaciones, y a esto se le suma que no se cuenta con un programa para instalación de equipos de procesos más eficaces o modificación de los existentes.

Reutilizar es prolongar la vida útil de los residuos sólidos, utilizándolos en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación manejo. En la **Tabla 11** se plantea una oportunidad de reusó para las industrias que utilizan materias primas líquidas. La técnica propuesta por IHOBE (1999), es manejada por la planta de Película de PVC, ya que en esta se utilizan los recipientes en los que viene la materia prima a granel (Contenedores IBC) para el almacenamiento de los residuos líquidos resultantes del proceso.

El reciclaje es la última oportunidad que tiene un residuo antes de ir a parar a un vertedero o relleno sanitario y contribuir con el acortamiento de la vida de estas instalaciones. En la **Tabla 11**, de acuerdo con Al-Salem, Lettieri & Baeyens (2009) se listan las cuatro formas de clasificación más aceptadas para los procesos de reciclaje de plásticos. Al revisar los procesos de las plantas se evidencia que todas estas a excepción de la de Vasos EPS manejan un *Reciclaje Primario o re-extrusión*, ya que los desechos sólidos que resultan de la producción (rebabas, virutas, material fuera de especificaciones) se muelen y se reincorpora al proceso de extrusión o rotomoldeo. El producto no conforme de la planta de Vasos EPS se puede decir que se le realiza un *Reciclaje Terciario o Químico*, debido a que es reincorporado al proceso de Poliestireno (PS) en la fase de Preparación de carga y Alimentación en la que sufre

una despolimerización. Ninguna planta realiza reciclaje mecánico o de recuperación de energía. Este último se propone como una alternativa de aprovechamiento.

Con la anterior comparación se logra visualizar que la empresa maneja muy bien el tema de reincorporación al proceso del producto no conforme y reutilización de residuos, pero no trabaja en mecanismo que permitan obtener una reducción de la generación de residuos.

## 8. CONCLUSIONES

De la revisión realizada se puede concluir que aunque la empresa cuenta en cada una de sus plantas de producción con una tecnología que permite la reincorporación al proceso de aquellos productos que salen fuera de especificaciones, actualmente se presenta un inadecuado manejo de residuos sólidos debido principalmente a:

- Falta de capacitación a los operarios en el manejo de residuos
  - Carencia de herramientas que permitan realizar una adecuada separación en la fuente (canecas, avisos).
  - Falta de políticas en la empresa que promuevan la educación ambiental en el tema.
- Se identificó que los procesos con la mayor generación de residuos sólidos (cartón, plástico, madera) son los de los procesos de *recepción y almacenamiento* y el de *empaquetado* en cada una de las plantas.
  - En base al diagnóstico realizado de la situación actual del manejo de residuos, se establecieron 3 programas que permitan mejorar la gestión.
    - Programa de Capacitación y Sensibilización
    - Programa de Separación en la Fuente y Aprovechamiento de Residuos Reciclable.
    - Programa de Seguimiento y Control

- Se propusieron alternativas para el aprovechamiento de los residuos generados.

## 9. RECOMENDACIONES

- Documentar e implementar procedimientos para el manejo de los residuos sólidos que estandarice las directrices, de acuerdo a lo establecido en la NTC GTC 24
- Establecer horarios para la recepción de residuos en el área de reciclaje para evitar desorden y acumulación
- Realizar pesaje de los vehículos de la empresa de aseo que permita llevar un dato más confiable de la cantidad de residuos que diariamente va al relleno sanitario
- Durante las capacitaciones al personal sobre el plan de gestión integral de residuos realizar una evaluación escrita para medir los conocimientos de los asistentes.
- Evaluar la posibilidad de comercializar los residuos reciclables generados.
- Diseñar estrategias o programas para poner en práctica cada una de las oportunidades para la minimización de residuos que se encuentran en la **Tabla 11**
- Evaluar la posibilidad de realizar un aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan en las cafeterías y utilizarlo como abono para todos los jardines con que cuenta la empresa. Para esto, se puede tomar como base las pautas establecidas en la Guía Técnica Colombiana 53-7 (Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos No Peligrosos).

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acurio, G., Rossin, A., Texeira, P., & Zepeda, F. (1997). Diagnóstico De La Situación Del Manejo De Residuos Sólidos Municipales En América Latina Y El Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana. Recuperado 15 de abril de 2015, de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=823485>
2. Aguilar-Virgen, Quetzalli, Armijo-de Vega, Carolina, Taboada-González, Paul, & Aguilar, Xochitl M. (2010). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. *Revista de Ingeniería*, (32), 16-27.
3. Al-Salem, P. Lettieri, J. Baeyens, The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals, *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 36, Issue 1, February 2010, Pages 103-129
4. Arandes, J. Bilbao, J & López, D (2004). Reciclado De Residuos Plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, Volumen 5(1), Marzo de 2004.
5. Arroyave, Joan & Garcés, Luis (2007). Tecnologías ambientalmente sostenibles. *Producción + limpia*, Volumen 1. No.2
6. Bernat, Katarzyna, Zielińska, Magdalena, Cydzik-Kwiatkowska, Agnieszka, & Wojnowska-Baryła, Irena. (2015). Biogas production from different size fractions separated from solid waste and the accompanying changes in the community structure of methanogenic Archaea. *Biochemical Engineering Journal*, 100, 30-40.
7. Calva-Alejo, Crescencio L, & Rojas-Caldelas, Rosa I. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México:

- Retos para el Logro de una Planeación Sustentable. Información tecnológica, 25(3), 59-72.
8. Cardona, Margarita. (2007). Minimización de Residuos: una política de gestión ambiental empresarial. Producción + limpia, Volumen 1. No. 2
  9. CORANTIOQUIA. (s.f).Gestión De Residuos Sólidos En La Jurisdicción De Corantioquia (GIRS). Recuperado el 20 de abril de 2015, de <http://www.corantioquia.gov.co/docs/LOGROS/GIRS.htm>
  10. CORPOGUAVIO (2015).Programa de Gestión de Residuos Sólidos Convencionales y Residuos Peligrosos. Recuperado el 08 de junio de 2015, de <http://www.corpoguavio.gov.co/web/index.php/gestor-de-descargas/category/79-Programas%20e%20Instructivos?download=424:DE-SIGYCO-PG-GIRS%20Programa%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos%20y%20Residuos%20Peligrosos>.
  11. DECRETO 1713 DE 2002 DEL MINISTERIO DE AMBIENTE
  12. DECRETO 2981 DE 2013 Del Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Se reglamenta el servicio público de aseo
  13. Decreto 838 de 2005- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
  14. Domingo, José L., Rovira, Joaquim, Vilavert, Lolita, Nadal, Martí, Figueras, María J., & Schuhmacher, Marta. (2015). Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Science of The Total Environment*, 518–519, 363-370.
  15. Fierro Ochoa, Aurora, Armijo De Vega, Carolina, Buenrostro Delgado, Otoniel, & Valdez Salas, Benjamín. (2010). Análisis de la generación de

- residuos sólidos en supermercados de la ciudad de Mexicali, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(4), 291-297
16. Fu, Hui-zhen, Li, Zhen-shan, & Wang, Rong-hua. (2015). Estimating municipal solid waste generation by different activities and various resident groups in five provinces of China. *Waste Management*, 41, 3-11.
  17. Guía Para El Manejo Integral De Residuos Sólidos Generados En El Sector Residencial Del Municipio De Envigado (s.f). Recuperado el 08 de junio de 2015, de [http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/Folleto\\_web.pdf](http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/Folleto_web.pdf)
  18. Herva, Marta; Neto, Belmira & Roca, Enrique. (2014). Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). *Journal of Cleaner Production*, 70, 183-193.
  19. ICONTEC (2006). Norma Técnica Colombiana GTC 53-7. Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos No Peligrosos.
  20. ICONTEC (2009). Norma Técnica Colombiana GTC 24. Guía para la separación en la fuente.
  21. IHOBE. (1999). 200 Recomendaciones para la Reducción de Residuos. Diciembre 12 de 2015, de Gobierno Vasco Sitio web: [http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/\\_3228.pdf](http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3228.pdf)
  22. Janajreh, M. Alshrah, Samih Zamzam, Mechanical recycling of PVC plastic waste streams from cable industry: A case study, *Sustainable Cities and Society*, Volume 18, November 2015, Pages 13-20
  23. Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos En Colombia. Recuperado el 07 de junio de 2015, de <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUe nColombia.pdf>.

24. Ji, Ru, He, Yang, Zhang, Zuotai, Liu, Lili, & Wang, Xidong. (2015). Preparation and modeling of energy-saving building materials by using industrial solid waste. *Energy and Buildings*, 97, 6-12.
25. Jourdain, Camille, & Zwolinski, Peggy. (2015). Optimization of a Non-Hazardous Integrated Solid Waste Processing Line. *Procedia CIRP*, 29, 674-679.
26. López, N. (2009). Propuesta de un Programa para el Manejo de los Residuos Sólidos en la plaza de mercado de Cerete-Córdoba. Universidad Javeriana. Recuperado el 08 de junio de 2015, de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/6132/1/tesis64.pdf>.
27. Manual para el Manejo Integral De Residuos en el Valle De Aburrá (s.f). recuperado el 08 de junio de 2015, de [http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Solidos.pdf)
28. Marshall, Rachael E., & Farahbakhsh, Khosrow. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33(4), 988-1003
29. Mbiba, Beacon. (2014). Urban solid waste characteristics and household appetite for separation at source in Eastern and Southern Africa. *Habitat International*, 43, 152-162
30. Mejia-Giraldo, Armando; Bravo-Castillo, Mario y Montoya-Serrano, Arturo. El factor del talento humano en las organizaciones. *Ing. Ind.* [online]. 2013, vol.34, n.1 [citado 2015-02-14], pp. 2-11.
31. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (31 de Enero de 2014). Marco Normativo. Recuperado el 30 de Julio de 2014, de <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=348&conID=4058>

32. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2004). Guías Ambientales- Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Bogotá, Colombia.
33. Montoya, Carolina, y Martínez, Paloma. (2013). Diagnóstico del Manejo actual de Residuos Sólidos (empaques) en la Universidad El Bosque. *Producción + Limpia*, 8 (1), 80-90.
34. Nájera, H., (s.f). Lixiviados ¿Qué son, como se clasifican?. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Recuperado el 07 de junio de 2015, de [http://www.unicach.edu.mx/\\_/ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf](http://www.unicach.edu.mx/_/ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf)
35. Organización Panamericana de la Salud-Biblioteca de desarrollo sostenible y salud ambiental. (s.f) Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Recuperado el 08 de junio de 2015, de [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_rsm/e/unidad3.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html)
36. Oyake-Ombis, Leah, van Vliet, Bas J. M., & Mol, Arthur P. J. (2015). Managing plastic waste in East Africa: Niche innovations in plastic production and solid waste. *Hábitat International*, 48, 188-197
37. Panda, Achyut K., Singh, R. K., & Mishra, D. K. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 233-248.
38. Pérez, G. B. (2012). Riesgo De Contaminación Por Disposición Final De Residuos. Un Estudio De La Región Centro Occidente De México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28, 97-105.
39. Rigamonti, Lucia, Sterpi, Irene, & Grosso, Mario. (2016). Integrated municipal waste management systems: An indicator to assess their environmental and economic sustainability. *Ecological Indicators*, 60, 1-7.

40. Rodríguez Escobar, Luz Ángela. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina. *Innovar*, 12(20), 111-120. 15
41. Salgado-López, Juana Amalia. (2012). Residuos sólidos: percepción y factores que facilitan su separación en el hogar. El caso de estudio de dos unidades habitacionales de Tlalpan. *Quivera*, Julio-Diciembre, 91-112.
42. Sánchez Rebeca, Najul María Virginia, Ortega Elizabeth, Ferrara Griselda. El manejo de los residuos en la industria de agroalimentos en Venezuela. *INCI [revista en la Internet]*. 2009 Feb [citado 2015 Feb 14]; 34(2): 91-99. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442009000200005&lng=e](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200005&lng=e)
43. Sánchez-David, Carlos E. (2008). La Muerte Negra: "El Avance De La Peste". *Revista Med*, 16(1), 133-135.
44. Sandrea, Maryana & Boscan, Mariby.(2010). Gerencia ambiental en el sector zuliano de manufacturas plásticas. *Espacio abierto*, 555-574
45. Scarlat, N., Motola, V., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Mofor, Linus. (2015). Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1269-1286.
46. Severiche Sierra, Carlos Alberto, Acevedo Barrios, Rosa Leonor, & Jaimes Morales, José Del Carmen. (2014). Landfill mining as an alternative for solid waste management. *Producción + Limpia*, 9(1), 115-123
47. Singh, Mitrabinda, Brueckner, Martin, & Padhy, Prasanta Kumar. (2015). Environmental management system ISO 14001: effective waste minimisation in small and medium enterprises in India. *Journal of Cleaner Production*, 102, 285-301

48. Smith, R. L., Sengupta, D., Takkellapati, S., & Lee, C. C. (2015). An industrial ecology approach to municipal solid waste management: II. Case studies for recovering energy from the organic fraction of MSW. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, Part A, 317-326
49. Song, Qingbin, Li, Jinhui, & Zeng, Xianlai. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199-210.
50. Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw HILL.
51. Torres Agredo, Janeth, Trochez Serna, Jenny J, & Mejía de Gutiérrez, Ruby. (2012). Reutilización de un residuo de la industria petroquímica como adición al cemento portland. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 141-156. Recuperado en 14 de febrero de 2015, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-91652012000100007&lng=es&tlng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652012000100007&lng=es&tlng=)
52. Universidad Industrial de Santander. (s.f). *Gestión Integral de Residuos*. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/capacitacion/es/Capacitacion%20Gestin%20Integral%20de%20Residuos.pdf>
53. Valderrama, A. (2013). *Biodegradación De Residuos Sólidos Agropecuarios y Uso Del Bioabono Como Acondicionador Del Suelo*. Recuperado el 07 de junio de 2015, de <http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1326/1/Monograf%20C3%ADa%20Biodegradaci%20C3%B3n%20de%20Residuos%20S%20C3%B3licos.pdf>
54. Vázquez, A., Espinosa, R., Beltrán, M., & Pérez, M.(s.f) *el reciclaje de los plásticos*. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado el 08 de junio de 2015, de <http://www.anipac.com/reciclajeplasticosua.pdf>

55. Wang, Chong-Qing, Wang, Hui, & Liu, You-Nian. (2015). Separation of polyethylene terephthalate from municipal waste plastics by froth flotation for recycling industry. *Waste Management*, 35, 42-47.
56. Wong, S. L., Ngadi, N., Abdullah, T. A. T., & Inuwa, I. M. (2015). Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1167-1180
57. Yámen, L., & Almeida, M. (2007). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Universidad de Matanzas. Recuperado el 08 de junio de 2015, de <http://monografias.umcc.cu/monos/2007/quimec/m07276.pdf>
58. Zaman, Atiq Uz. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36, 682-693.

## 11. ANEXOS

Anexo 1. Foto del área de almacenamiento de residuos no aprovechables.



Anexo 2. Lista de chequeo para seleccionar empresa compradora de material reciclable.

<b>Requisitos selección de proveedor</b>
✓ Estar legalmente constituida.
✓ Contar con el permiso (resolución) de funcionamiento emitido por la autoridad ambiental competente.
✓ Poseer un Plan de Manejo Ambiental
✓ Tener un Sistema de Gestión Ambiental
✓ Gozar de instalaciones que permitan desarrollar la actividad sin poner en riesgo la vida de los trabajadores.
✓ Contar con programas de Seguridad y Salud en el Trabajo

Fuente: Empresa