

**REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y
ADAPTACIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO PARA LA DISPOSICIÓN
FINAL DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO**



Universidad
Tecnológica
de Pereira

JULIANA FLÓREZ BAÑOL

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PEREIRA
2016**

**REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y
ADAPTACIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL
DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO**



Universidad
Tecnológica
de Pereira

JULIANA FLÓREZ BAÑOL

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Industrial

**MSc. Eliana Mirledy Toro Ocampo
Directora**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PEREIRA
2016**

Nota de Aceptación:

MSc. Eliana Mirledy Toro O.

Directora

Pereira, Colombia, Junio de 2016

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-----------|
| LISTA DE TABLAS | 6 |
| LISTA DE FIGURAS | 7 |
| LISTA DE ANEXOS | 8 |
| GLOSARIO | 9 |
| RESUMEN..... | 12 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 18 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 18 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 4. MARCO REFERENCIAL | 19 |
| 4.1. MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 4.1.1. Red logística o cadena de suministro integral..... | 19 |
| 4.1.2. Red de Logística Inversa | 20 |
| 4.1.2.1 Localización de instalaciones | 21 |
| 4.1.2.2 Diseño de planta | 23 |
| 4.1.3. Concepto de Logística Inversa..... | 24 |
| 4.1.4. Los seis caminos de la Logística Inversa..... | 28 |
| 4.2. MARCO LEGAL | 33 |
| 4.2.1. Guías técnicas colombianas sobre residuos | 34 |
| 5. LOGÍSTICA INVERSA: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE | 36 |
| 5.1. APORTES DE AUTORES EN CUANTO A LOGÍSTICA INVERSA..... | 36 |
| 5.1.1. Definiciones de Logística Inversa | 36 |
| 5.1.2. Estudios realizados sobre Logística Inversa | 37 |
| 5.2. ANÁLISIS DE ARTÍCULOS | 39 |
| 5.2.1. Enviromental integrated production and recycling mangement | 40 |
| 5.2.2. A two-level network for recycling sand: A case study | 41 |
| 5.2.3. Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica (Gestión eficiente de llantas y neumáticos fuera de uso) | 43 |
| 6. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA ACTUALIDAD..... | 45 |
| 6.1. DEFINICIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)..... | 45 |
| 6.1.1. Propiedades del Poliestireno Expandido..... | 45 |
| 6.1.2. Proceso de fabricación y transformación del EPS | 48 |
| 6.1.3. Aplicaciones del Poliestireno Expandido..... | 49 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 6.2. | GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE EPS EN EL MUNDO | 50 |
| 6.2.1. | Asia | 52 |
| 6.2.2. | Australia | 54 |
| 6.2.3. | Europa | 55 |
| 6.2.4. | Estados Unidos | 57 |
| 6.2.5. | Sur América | 60 |
| 6.3. | GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE EPS EN COLOMBIA | 61 |
| 7. | ESTUDIO TÉCNICO PARA LA RECOLECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE RESIDUOS DE EPS | 64 |
| 7.1. | OFERTA Y DEMANDA | 64 |
| 7.2. | TAMAÑO DEL PROYECTO | 67 |
| 7.3. | LOCALIZACIÓN | 67 |
| 7.3.1. | Macrolocalización | 67 |
| 7.3.2. | Microlocalización | 71 |
| 7.3.2.1 | Alternativas de ubicación | 72 |
| 7.4. | TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO | 78 |
| 7.4.1. | Alternativas de reutilización del EPS en el ámbito de Colombia | 78 |
| 7.4.1.1 | Proceso mecánico y termomecánico | 78 |
| 7.4.1.2 | Proceso Químico | 79 |
| 7.4.1.3 | Proceso de recuperación energética | 80 |
| 7.4.2 | Análisis de alternativas tecnológicas consideradas | 81 |
| 7.4.3. | Alternativa elegida para la recuperación de residuos de EPS | 83 |
| 7.4.4. | Maquinaria | 85 |
| 7.4.5. | Transporte | 87 |
| 7.4.6. | Necesidades de mano de obra | 89 |
| 7.5. | DISEÑO DE PLANTA | 89 |
| 7.6. | INFORMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO E INVERSIÓN | 93 |
| 7.6.1. | Inversión Inicial | 93 |
| 7.6.2. | Estructura de costos y gastos | 93 |
| 7.6.3. | Punto de equilibrio | 95 |
| 8. | ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y JURÍDICO LEGAL | 96 |
| 8.1. | CULTURA ORGANIZACIONAL | 96 |
| 8.1.1. | Misión | 96 |
| 8.1.2. | Visión | 96 |
| 8.1.3. | Valores | 96 |
| 8.2. | ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL | 97 |
| 8.2.1. | Descripción de departamentos | 98 |
| 8.2.2. | Manual de funciones | 99 |
| 8.2.3. | Contratación y salarios | 104 |
| 8.2.4. | Capacitación | 105 |
| 8.3. | ASPECTOS LEGALES Y JURÍDICOS | 105 |
| 8.3.1. | Constitución y formalización | 105 |
| 9. | CONCLUSIONES | 111 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 113 |
| | ANEXOS | |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Procesos de la logística inversa..... | 27 |
| Tabla 2. Ventajas y Desventajas de un Programa de Logística Inversa..... | 28 |
| Tabla 3. Propiedades Físicas del EPS..... | 46 |
| Tabla 4. Propiedades Químicas del EPS..... | 47 |
| Tabla 5. Fuentes generadoras de residuos de EPS..... | 65 |
| Tabla 6. Evaluación de alternativas..... | 77 |
| Tabla 7. Peso de los criterios..... | 82 |
| Tabla 8. Satisfacción de cada alternativa a nivel de cada criterio..... | 82 |
| Tabla 9. Características máquinas recicladoras de EPS..... | 85 |
| Tabla 10. Costos de máquinas recicladoras..... | 86 |
| Tabla 12. Especificaciones vehículos..... | 88 |
| Tabla 13. Necesidades de mano de obra..... | 89 |
| Tabla 14. Inversión inicial..... | 93 |
| Tabla 15. Costos mensuales..... | 94 |
| Tabla 16. Gastos mensuales..... | 94 |
| Tabla 17. Punto de equilibrio..... | 95 |
| Tabla 18. Manual de funciones del gerente..... | 99 |
| Tabla 19. Manual de funciones del contador..... | 100 |
| Tabla 20. Manual de funciones del director comercial..... | 101 |
| Tabla 21. Manual de funciones del director de producción..... | 102 |
| Tabla 22. Manual de funciones del director de producción..... | 103 |
| Tabla 23. Relación de salarios..... | 104 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Red de logística integral | 20 |
| Figura 2. Problemas abordados desde logística inversa | 21 |
| Figura 3. Camino 1 de la logística inversa: Reutilización o reventa. | 29 |
| Figura 4. Camino 2 de la logística inversa: Reparación | 30 |
| Figura 5. Camino 3 de la logística inversa: Restauración. | 30 |
| Figura 6. Camino 4 de la logística inversa: Refabricación y canibalización. | 31 |
| Figura 7. Camino 5 de la logística inversa: Reciclaje..... | 32 |
| Figura 8. Camino 6 de la logística inversa: Vertedero e incineración. | 32 |
| Figura 9. Esquema de transformación del Poliestireno Expandido (EPS). | 49 |
| Figura 10. Países del Convenio Internacional de Reciclaje de EPS. | 51 |
| Figura 11. Países miembros de AMEPS..... | 52 |
| Figura 12. Productos finales del reciclado de EPS en Asia. | 53 |
| Figura 13. Estadísticas de residuos de EPS recuperados por SFM. | 55 |
| Figura 14. Países miembros de EUMEPS. | 56 |
| Figura 15. Resultados del Análisis del ciclo de vida del EPS. | 56 |
| Figura 16. Reciclaje de residuos domésticos de EPS (1990-2013). | 59 |
| Figura 17. Alternativas Innovadoras de reutilización de EPS. | 60 |
| Figura 18. Estadísticas Fundación Verde Natura..... | 62 |
| Figura 19. Productos de EPS en la ciudad de Pereira..... | 66 |
| Figura 20. Cantidad de compra mensual de productos de EPS. | 66 |
| Figura 21. Ubicación geoestratégica de la ciudad de Pereira..... | 68 |
| Figura 22. Relleno Sanitario La Glorita. | 71 |
| Figura 23. Características físicas alternativa A. | 73 |
| Figura 24. Mapa de ubicación alternativa A. | 73 |
| Figura 25. Características físicas alternativa B. | 74 |
| Figura 26. Mapa de ubicación alternativa B. | 74 |
| Figura 27. Características físicas alternativa C..... | 75 |
| Figura 28. Mapa de ubicación alternativa C..... | 75 |
| Figura 29. Diagrama del proceso de transformación de residuos de EPS..... | 84 |
| Figura 30. Vehículos de carga. | 87 |
| Figura 31. Diseño de planta..... | 91 |
| Figura 32. Área de oficinas. | 92 |
| Figura 33. Organigrama de la empresa. | 98 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| ANEXO 1. Presentación Verde Natura | 119 |
| ANEXO 2. Conversación con Ecomodulares | 121 |
| ANEXO 3. Cotización de máquinas recicladoras | 123 |
| ANEXO 4. Cotización transporte de máquinas recicladoras | 126 |

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO: Acumulación o depósito temporal, en recipientes o contenedores retornables o desechables, de residuos sólidos de un generador o una comunidad, mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final para su posterior recolección, aprovechamiento, transformación, comercialización o disposición final.

APROVECHAMIENTO: En el marco de la gestión integral de residuos sólidos, aprovechamiento, 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 y/o económicos

CENTRO DE ACOPIO: Instalaciones de almacenamiento transitorio de residuos, en las que una vez realizada la separación en la fuente se almacenan, seleccionan y/o adicionan para facilitar su aprovechamiento, tratamiento o recolección selectiva.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS (GIR): 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 de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

PELLETS: Cilindros pequeños de materiales plásticos que están listos para convertirse en materia prima de otros procesos productivos.

RECICLADOR: Persona que de manera informal desarrolla procesos de aprovechamiento de los residuos reciclables.

RECICLAJE: Proceso mediante el cual se aprovecha y transforman los residuos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima o insumos para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede incluir: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

RECOLECCIÓN: Acción y efecto de retirar y recoger técnicamente los residuos de uno o varios generadores, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio.

RECOLECCIÓN SELECTIVA: Consiste en la evacuación de los residuos separados en las diferentes fuentes de generación, que se encuentran almacenados y presentados adecuadamente por el generador, con el fin de que se transporten hasta los centros de acopio y/o sitios de disposición final.

RECUPERACIÓN: Acción que permite retirar y recuperar técnicamente de las basuras aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

RELLENO SANITARIO: la obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud.

RESIDUO O DESECHO 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. Los residuos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

RESIDUO APROVECHABLE: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

RESIDUO NO APROVECHABLE: Es todo material o sustancia de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y, por lo tanto, generan costos de disposición.

REUTILIZACIÓN: Prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados 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.

SEPARACIÓN EN LA FUENTE: es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

TRATAMIENTO O TRANSFORMACIÓN: es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos, incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

VALORIZACIÓN: Es el mecanismo mediante el cual se le da un valor económico adicional al residuo, de acuerdo a la técnica de aprovechamiento que se implemente en él y a la función que tendrá en el nuevo ciclo productivo.

RESUMEN

El concepto de logística inversa ha sido un tema de gran interés y evolución en las últimas décadas, sin embargo, su orientación hacia la recuperación de materiales y productos al final de su vida útil, desarrollado en varios países, no ha sido una aplicación tan evidente en Colombia, lo que ha generado una problemática ambiental de gran preocupación, principalmente, porque los rellenos sanitarios cada vez más están acumulando enormes cantidades de residuos, provocando así la disminución de los ciclos de vida de los mismos.

Este documento detalla en primer lugar el concepto de logística inversa, con el fin de dar a conocer sus características y aplicaciones en la gestión y aprovechamiento eficiente de productos al final de su vida útil, para posteriormente ser aplicado al caso específico del Poliestireno Expandido fuera de uso, el cual por su gran volumen y baja densidad no resulta atractivo para los “recicladores” y es llevado directamente a los rellenos sanitarios.

Para el desarrollo de este caso se ha elaborado un estudio técnico y administrativo en la ciudad de Pereira, para tener una apreciación de los aspectos técnicos operativos necesarios para el uso de residuos de Poliestireno Expandido como materia prima en nuevos procesos de producción, contribuyendo a reducir el impacto nocivo sobre el ambiente y optimizar la vida útil del material.

Palabras claves: Logística Inversa, Poliestireno Expandido, recuperación, vida útil, relleno sanitario, residuos.

ABSTRACT

The concept of inverse logistics has been a topic of great interest and development in the last decades, nevertheless, its orientation towards the recovery of materials and products at the end of its useful life, developed in several countries, has not been such an evident application in Colombia, which has generated an environmental problematics of great worrisome, mainly, because the sanitary landfills increasingly are accumulating enormous quantities of residues, provoking this way the decrease of the life cycles of the same ones.

This document details first the concept of inverse logistics, in order to announce its characteristics and applications in the management and efficient utilization of products at the end of its useful life, later to be applied to the specific case of the Expanded Polystyrene out of use, which for its great volume and low density does not turn out to be attractive for the recyclers and is taken directly to the sanitary landfills.

For the development of this case there has been elaborated a technical and administrative study in Pereira's city, to have an appraisal of the technical operative aspects necessary for the use of residues of Polystyrene Expanded as raw material in new production processes, helping to reduce the harmful impact on the environment and to optimize the useful life of the material.

Keywords: Reverse logistics, Expanded Polystyrene, recovery, useful life, sanitary landfill, waste.

1. INTRODUCCIÓN

La logística además de que ha encontrado su desarrollo, aplicándose principalmente a las funciones de suministro, almacenamiento, producción, distribución y consumo, ha comenzado también a comprender la gestión de la cadena de suministro inversa, concepto con gran enfoque empresarial, hacia la optimización de recursos y la generación de valor económico. Esta gestión tiene como objetivo recuperar eficientemente el residuo obtenido, de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor agregado o consiguiendo una adecuada eliminación del mismo. A partir de esto, la elaboración de nuevos productos está generando beneficios económicos y despertando gran interés en la industria, al igual que en el estudio del diseño eficiente de redes de logística inversa.

A partir de esto, y debido al continuo deterioro del medio ambiente, a la escasez de los recursos naturales, así como a las tasas de producción y consumo creciente, la gestión de productos al final de su vida útil, representa una excelente opción para la protección ambiental, y para la recuperación económica de los residuos. Hoy tanto la sociedad como las empresas empiezan a ser conscientes de la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, minimizar los residuos generados y/o recuperar los productos fuera de uso, ya sea para su adecuada eliminación o para conseguir a través de una adecuada gestión, aprovecharlos y valorizarlos económicamente.

Con el fin de aportar al concepto de desarrollo sostenible en la mayoría de procesos productivos, y disminuir el grado de preocupación de la sociedad por los temas mediambientales que afectan el futuro del planeta, esta investigación busca analizar las alternativas que existen actualmente en cuanto al manejo del Poliestireno Expandido conocido en Colombia como Icopor, por las siglas del primer fabricante que hubo en el país, y dar una respuesta positiva en primer lugar con la puesta en conocimiento de la ciudad de Pereira acerca de la existencia de una gestión alternativa y adecuada del material, que aplicándose en proyectos futuros puede dar las pautas necesarias para la generación de soluciones a nivel nacional. De este modo, pretende establecer un punto de reciclaje, tratamiento y recuperación eficiente de este material en dicha ciudad, demostrando que la logística inversa, aspecto de la cadena de suministro que se ocupa de la optimización del flujo inverso de productos, por razones de oportunidad y competitividad, resulta más que nunca imprescindible.

El Poliestireno Expandido se ha convertido en uno de los materiales plásticos más usados en la actualidad, debido a su buen comportamiento como aislante térmico, a su ligereza y a la infinidad de aplicaciones. Este material, es reutilizable al 100%, es decir, reciclable para fabricar materias primas de otra clase de productos. Esto

es una clara referencia para aprovechar este residuo, ya que incluso si se logra disminuir los vastos volúmenes de Poliestireno Expandido que reciben los vertederos, habrá más espacio para otros residuos, los niveles de contaminación a causa de las basuras empezarán a disminuir, y finalmente los procesos productivos y de disposición final serán más eficientes.

Lamentablemente la razón por la cual este tipo de esfuerzos no tienen trascendencia es que es que en muchos casos prima lo que se cree que es mejor para los intereses económicos de las organizaciones y no hay preocupación por desarrollar proyectos o por mínimamente enterarse de las alternativas de solución que se han encontrado a través de dichas investigaciones para la reutilización de desechos y simplemente se opta por ignorar los problemas ambientales, los cuales a largo plazo pueden llegar a generar consecuencias catastróficas. Un ejemplo claro de lo anterior es lo que ocurre en Colombia con el Icopor.

Sin embargo, solo una organización en el país, invierte sus esfuerzos dedicándose enteramente a la recolección y reciclaje de residuos de Poliestireno Expandido, conocido también como EPS por la abreviación de sus siglas en inglés (Expanded PolyStyrene), esta organización se conoce como Fundación Verde Natura [1], la cual únicamente opera en la capital del país, Bogotá, y es allí hasta donde llega el alcance de su labor, tanto así que en muchas ciudades de Colombia se desconoce completamente de la existencia de la fundación e incluso se sigue pensando que el Poliestireno Expandido o Icopor no es reciclable.

De este modo, el desarrollo de nuevas alternativas de recuperación y valorización de residuos y la creación de nuevos productos, debe ser la ruta a seguir, con el fin de dar paso a un mejoramiento asegurado de las condiciones del medio ambiente, y a la generación de menores costos, más competitividad e innovación. Por tanto, es importante que este avance y el mensaje de sostenibilidad no se detengan, sino que más bien se concentre en un interés común donde cada aporte genere grandes ventajas para el mundo actual y venidero.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Haciendo una descripción general de los avances de la gestión de residuos para productos al final de su vida útil, es posible considerar que ya se han establecido diversos aspectos legales frente a esta situación en diferentes países. En Colombia, aunque falta aún mucho más desarrollo, existen avances en la recuperación y gestión de productos o residuos peligrosos, con la consolidación de la Política Ambiental [2] y las actuales Resoluciones Reglamentarias de Pos-consumo para algunos productos y residuos especiales y peligrosos, como, por ejemplo, de Envases de plaguicidas, Medicamentos o Fármacos vencidos, Residuos de Pilas y/o Acumuladores Eléctricos, Llantas Usadas, entre otras.

Sin embargo, en la mayoría de ciudades, en cuanto al Poliestireno Expandido, no se han identificado alternativas, ni se han implementado programas o políticas de gestión, que impulsen el manejo de éste como un material reutilizable, ya que es considerado en la mayoría de casos como no rentable, dado que por su baja densidad se requiere un gran volumen para generar utilidad. Es por esto que las actividades de recolección, almacenamiento y disposición final actuales de este material son inadecuadas.

Este material es un gran contaminante, dependiendo de sus características (principalmente tamaño y forma) y del medio que lo rodea, puede tardar más de mil años en biodegradarse, y por albergarse en enormes cantidades en los rellenos sanitarios, éstos están superando sus capacidades, lo que disminuye drásticamente sus vidas útiles. Por lo anterior, su uso ha sido prohibido en diferentes ciudades alrededor del mundo, el caso más reciente es el de New York, la cual el pasado primero de julio se convirtió en la ciudad número 70 de Estados Unidos en donde se ha prohibido su utilización, a esto se le han sumado los debates llevados a cabo en ciudades como Paris y Toronto [3].

Lastimosamente su prohibición no es tan sencilla de ejecutar, al ser un material de bajo costo, fácil transporte y con diversos valores de uso, el EPS es necesario para el desarrollo de actividades de diferentes empresas, especialmente de manipulación de alimentos, la alternativa de sustitución por otros materiales se deriva en otra situación complicada y es el aumento elevado de los costos, lo que ha llevado a que por intereses económicos el problema sea simplemente ignorado en diferentes países. Se ha evaluado la posibilidad de reciclar el material, pero la posición de muchas ciudades, incluyendo la de New York, es que el EPS es simplemente no reciclable [3].

No obstante, la Alianza Internacional de Poliestireno Expandido INEPSA la cual tiene como objetivo promover el reciclaje de Poliestireno Expandido en el mundo difiere de lo anterior, INEPSA asegura que se han encontrado maneras alternativas de reutilización de los residuos de EPS, en los más de 30 países que se han unido a la alianza incluyendo países de Sudamérica como Argentina, Uruguay y Brasil ya se está trabajando por el reciclaje del material [4].

Entonces realmente el problema no radica en la existencia de alternativas de reutilización de los residuos de EPS, sino en los pocos esfuerzos que se hacen para realizar una investigación eficiente que pueda dar solución a la problemática en los diferentes países. En Colombia precisamente se presenta esta situación, aunque existen, son pocas las investigaciones que se han desarrollado al respecto y no han tendido mucha trascendencia. Es así como la carencia de investigación e iniciativa empresarial, además de la falta de conciencia ambiental y personal capacitado para investigación en gestión de recursos y el tratamiento de materiales fuera de uso, son las principales causas de la problemática, la cual trae como consecuencias para el país altos niveles de contaminación, reducción de la vida útil de los rellenos sanitarios, costos elevados de las materias primas, baja competitividad en el mercado y un desaprovechamiento de alternativas de generación de empleo.

La problemática está clara, y a pesar de que actualmente existan tecnologías para manejar diversos residuos o productos fuera de uso, el interés por reciclar y reutilizar el Poliestireno Expandido, y por establecer mecanismos de gestión y un adecuado sistema logístico para este producto, al final de su vida útil, aún es muy bajo.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2 OBJETIVO GENERAL

Verificar la factibilidad técnica del proyecto de logística inversa que intervendrá eficientemente en la gestión y aprovechamiento de los residuos de Poliestireno Expandido, analizando y definiendo todos los componentes tanto de la estructura física como productiva requeridos para su operación.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Presentar las principales contribuciones, ventajas y procesos de la logística inversa, frente al aprovechamiento de productos al final de su vida útil, o residuos generados de éstos, especialmente del Poliestireno Expandido.
- ✓ Analizar las alternativas tecnológicas que existen actualmente en la recuperación y valorización del Poliestireno Expandido.
- ✓ Determinar la localización del centro de acopio más adecuada para la disposición final de los residuos de Poliestireno Expandido, en base a factores que condicionen su mejor ubicación.
- ✓ Definir el tamaño y la capacidad del proyecto.
- ✓ Identificar la maquinaria, los equipos y la infraestructura física necesarios para la operación normal del proyecto de gestión eficiente del Poliestireno Expandido al final de su vida útil.
- ✓ Recolectar la información que permita cuantificar el monto de las inversiones y los costos de operación del proyecto.
- ✓ Definir los aspectos jurídicos y administrativos necesarios para una adecuada implementación y operación del proyecto de recuperación de residuos de Poliestireno Expandido.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Red logística o cadena de suministro integral.

Como actividad empresarial, la logística, se ha aplicado principalmente a las funciones de suministro, almacenamiento, producción, distribución y consumo. En el periodo comprendido entre 1960 y 2000 han ocurrido cambios relevantes en los sistemas logísticos, logrando una integración de las actividades logísticas. Es así como en la actualidad, la logística comprende la gestión de materiales y la distribución física, apoyándose en las tecnologías de la información, las estrategias de marketing y la planeación estratégica, que a su vez, se han ocupado de extender el análisis, con el fin de profundizar en la creación de estrategias que permitan el desempeño óptimo de redes logísticas o cadenas de suministro. Diversos estudios se han enfatizado en determinar la necesidad de un enfoque integral de logística, tanto en su función inversa como en su función directa.

Sin embargo, llevar a cabo las actividades logísticas para la recuperación y valorización de residuos y productos al final de su vida útil requiere en algunos contextos de complejos mecanismos de gestión y de la articulación de un gran número de actores. Por ejemplo, en España, se han creado sistemas integrados de gestión (SIG). El S.I.G. es una sociedad sin ánimo de lucro, donde participan los sectores interesados: productores, distribuidores, generadores, recuperadores y recicladores, etc. En este tipo de sistemas logísticos, existe un grado de cooperación mayor, dado que un único ente gestor se responsabiliza de la recuperación, recolección y gestión adecuada de los residuos.

La figura 1, presenta las actividades que comprenden la integración de la cadena de suministro, incluyendo las actividades que comprende la logística inversa. Como se observa, la gestión de la cadena comprende dos flujos uno en el sentido directo y otro en el sentido inverso. En algunas cadenas es posible reintroducir el producto en la cadena inicial, dando lugar a ciclos cerrados (closed-loop supply chain), en otros casos, los ciclos son abiertos y se da lugar a nuevos mercados y cadenas de recuperación y valorización, donde se derivan nuevas actividades de recolección, clasificación, reproceso y distribución.

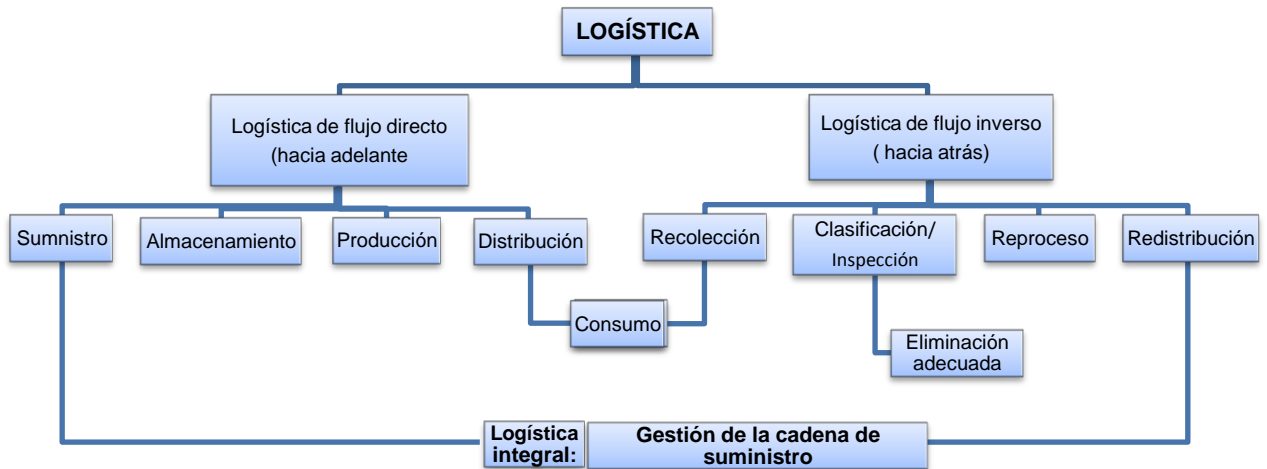


Figura 1. Red de logística integral. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Red de Logística Inversa.

La gestión adecuada de residuos y la recuperación de productos al final de su vida útil, es un problema complejo que requiere de planificación, gestión, y control eficiente del flujo de productos, así como de tomar decisiones a nivel estratégico y operativo. La Red de Logística Inversa dentro de su estructura considera justamente este tipo de decisiones. En cuanto a las primeras, de tipo estratégico, se involucran problemas de localización de centros de recolección de residuos y plantas de tratamiento, teniendo en cuenta las capacidades de procesamiento y de almacenamiento de los centros de recolección, el costo de apertura, los costos fijos y variables asociados en el proceso, la ubicación de los nuevos proyectos que utilizaran los residuos, su disponibilidad y demanda de residuos. Las decisiones de carácter operativo, se refieren a la cantidad y tamaño de las instalaciones de transporte, personal involucrado, problemas de enrutamiento asociado al flujo de materiales, gestión de inventarios, entre otros [5].

Aunque están interconectados, a menudo el análisis se hace por separado para simplificar. En consecuencia, se ha generado diferentes tipos de clasificaciones, por los autores que han abordado los problemas presentados en logística inversa [6], de acuerdo con el tipo de problema, de acuerdo con la opción de recuperación, o de acuerdo con la estructura de la red, el tipo de proceso que requiere el producto y el tipo de modelo matemático implementado para la solución de dichos problemas.

La figura 2, presenta los problemas que han sido abordados en logística inversa, de acuerdo con el diseño de redes de logística inversa y localización de instalacio-

nes, gestión de inventarios en flujos de retorno, y planificación y control de actividades de producción, decisiones mencionadas anteriormente.

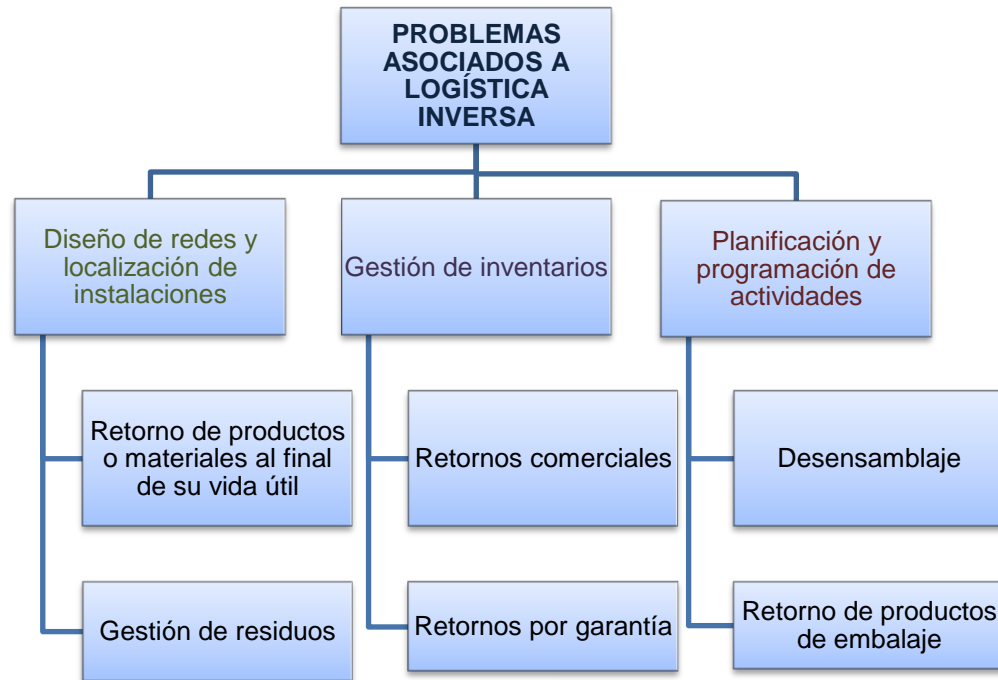


Figura 2. Problemas abordados desde logística inversa. Fuente: Informe técnico modelo de logística inversa [7]

Se ha encontrado que los modelos empleados para el análisis de estos problemas han presentado una evolución, ya que anteriormente solo existían modelos que integraban el flujo directo e inverso en redes logísticas de circuito cerrado, maximizando beneficios económicos para las partes interesadas. Actualmente, han aparecido modelos que consideran en la estructura de su red el retorno de múltiples productos, así como análisis complejos que buscan tomar decisiones frente a mejores alternativas, como es el caso de modelos que involucran no solo el análisis de costos, sino también el análisis de ciclo de vida, el análisis costo-beneficio y el impacto ambiental y social producido.

4.1.2.1 Localización de instalaciones.

Los inconvenientes que tratan de la localización de instalaciones y el diseño de redes de logística inversa, son los principales problemas que se han centrado en la recolección de los productos o residuos y la redistribución de los bienes que han

sido elaborados a partir de los mismos. Dicho problema constituye la primera fase en la toma de decisiones para proponer una red de logística inversa. Los aspectos fundamentales son el número y la localización de instalaciones para el tratamiento de residuos, el uso o no de puntos de recolección y la financiación de la red [8].

El estudio de localización tiene como objetivo seleccionar la ubicación más conveniente para el proyecto. Se realiza mediante la comparación de diferentes alternativas, a través del análisis de diversas variables o fuerzas locacionales que permitan establecer el sitio que ofrece los máximos beneficios o los menores costos.

La definición de localización más adecuada es de gran importancia para todo proyecto, y tiene implicaciones a largo plazo, ya que deberán efectuarse inversiones en obras físicas, equipos e instalaciones, que una vez hechas serán de difícil y costosa reubicación.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la ubicación geográfica de las instalaciones físicas, se toma lo enunciado por la definición de Localización como “Es el proceso de elegir un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa”, por esto puede decirse que cuando una empresa desea expandir sus instalaciones físicas por sus actividades o cuando se desea crear una nueva empresa el principal problema que enfrentan es la Localización geográfica debido a los muchos elementos que deben ser tomados en cuenta al momento de tomar una decisión definitiva. La óptima localización de las instalaciones físicas depende del producto a fabricar, del servicio a ofrecer y/o la tecnología a utilizar. Por lo cual el sitio elegido debe permitir la adquisición de materiales, la realización del proceso productivo, y la entrega del producto final al cliente con un costo total reducido [9].

Las fuerzas o factores locacionales son aquellos elementos que influyen de alguna manera en la localización de un proyecto, sirven como parámetros básicos para la toma de decisiones, al analizar sus efectos positivos o restrictivos.

Para el análisis y definición de la localización existen técnicas cuantitativas, cualitativas y semicuantitativas. En la mayoría de los proyectos se utiliza un enfoque centrado en metodologías prácticas más que en desarrollos teóricos.

Complementado lo anterior se presentan tres métodos de localización, considerados los más utilizados para la toma de decisiones [9]:

- Método de transporte: Está basado en la programación lineal, ayuda a resolver el problema de localización de múltiples instalaciones. Es factor cuantitativo su objetivo es minimizar costos de embarque entre plantas y almacenes, así mismo determinar las unidades transportadas.
- Método del centro de gravedad: Factor cuantitativo su objetivo es minimizar tiempo de viaje o distancia entre dos puntos. Método del punto equilibrio:

Factor cuantitativo su objetivo es minimizar costo total. Así mismo determina los rangos dentro de los cuales cada alternativa resulta ser la mejor.

- Método de factores ponderados: Es el método más general, ya que permite incorporar en el análisis toda clase de consideraciones, sean estas de carácter cuantitativo o cualitativo. Este modelo permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones.

4.1.2.2 Diseño de planta.

El diseño de la planta debe hacerse en función del proceso productivo seleccionado, de la maquinaria y equipo a emplear, así como de los requerimientos del recurso humano que va a encargarse de la operación del proyecto a ejecutar. El logro de una adecuada distribución de planta es fundamental para conseguir buenos índices de eficiencia. Esto se logra mediante el empleo racional del espacio disponible, la ubicación más conveniente del personal, la disposición de trabajo en forma secuencial y continua, y las condiciones que garantice la realización de un control efectivo de las actividades.

A continuación se enuncian algunos principios básicos o actividades necesarias que se deben tener en cuenta para la distribución óptima de la planta [10]:

- Integración total: Analizar conjuntamente todos los factores que afectan la distribución, con el fin de tener una visión global de la situación.
- Mínima distancia de recorrido: Se debe tratar de reducir las distancias que deban recorrer las personas y los materiales entre los diferentes puestos de trabajo, mediante una adecuada ubicación de los equipos y sectores de trabajo.
- Disposición en la mejor secuencia: Consiste en ubicar los puestos de trabajo de tal manera que se facilite el flujo en los distintos procesos.
- Bienestar y seguridad para los trabajadores: Las instalaciones deben contar con una adecuada iluminación y ventilación, así como con las debidas medidas de seguridad para evitar al máximo los accidentes de trabajo.
- Flexibilidad: El diseño de la planta debe permitir futuros ajustes y modificaciones.

4.1.3 Concepto de Logística Inversa.

Para clarificar este concepto, se acude en primer lugar al Reverse Logistic Executive Council (RLEC), organización enfocada al desarrollo de conceptos y prácticas relacionadas a la logística inversa, quien la define como “el proceso de mover los bienes de su destino final típico a otro punto, con el propósito de capturar valor o para la correcta disposición de los productos” [11].

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta el momento, se presenta una definición más completa: La logística inversa es el proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo, de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recapturando el objeto obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor añadido y/o una adecuada eliminación del mismo. Todo esto mediante el sistema de las 6 "R": Reparación, Rediseño, Reventa, Remanufactura, Reciclaje y Reutilización [12].

Esta definición lleva a concluir que la aplicación de la logística inversa más allá de contener razones medioambientalistas, que deberían ser suficientes, conlleva decisiones beneficiosas para todos los participantes de la cadena de suministros. Morales [12] presenta las razones principales para la aplicación de la logística inversa:

- Cumplimiento de la legislación ambiental, lo cual lleva a la consecución de buenas relaciones con el estado y en general con el ecosistema en el cual se funciona.
- Beneficios económicos, disminución en los costos de producción, ahorros en compra de materias primas y recuperación de materiales difíciles de conseguir.
- Servicio al cliente y garantías de una producción limpia y con responsabilidad, factores clave que pueden generar ventajas competitivas.
- Responsabilidad social empresarial.
- Generación de nuevos mercados.

La aparición de la logística inversa y verde es otra de las tendencias que se encuentra en auge, su práctica es necesaria en todas las empresas especialmente las colombianas, ya que permite identificar las principales oportunidades y responsabilidades de los procesos. Hacer logística verde es pensar en el medioambiente, en el mismo entorno de la empresa y además en los beneficios que traerá, puesto

que mejorará la productividad y allanará el camino para que las organizaciones colombianas puedan ser más competitivas. En la medida en que las empresas, la academia y el sector público promuevan la adopción de nuevas tecnologías y procesos, y se aprenda de las experiencias exitosas que otros países han tenido con la utilización de herramientas útiles en el sector logístico, Colombia tendrá la posibilidad de ofrecer productos y servicios de mayor calidad y a menores costos, lo que le permitirá ser un jugador de peso tanto en el mercado doméstico como en el internacional.

Durante las últimas dos décadas, la economía colombiana ha estado marcada por procesos de internacionalización, lo que ha conllevado el desarrollo de políticas relacionadas con la logística, las cuales obedecen a diferentes desarrollos industriales, sociales y económicos que se viven en el ámbito internacional. Esta coyuntura ha generado que la logística cambie por completo la forma de asimilar la función en los diferentes departamentos que hacen parte de las organizaciones. Así, al reconocer que la noción fundamental de la logística es de apuntar a nuevos retos y al desarrollo de una logística mucho más integral, aparece la logística inversa no solo como parte de la generación de nuevas fuentes de producción, sino como un proceso que empieza a tener una mirada mucho más global, lo que hace posible que las organizaciones existentes y las nuevas adquieran una visión amplia en este campo, y se pueda recuperar y aprovechar económicamente aquellos productos que dejan de satisfacer las necesidades del consumidor, convirtiéndolos en productos mucho más innovadores [13].

Detallando un poco respecto al proceso de Logística Inversa y su implementación, es necesario tener en cuenta que dicho proceso comienza con realizar un reconocimiento de la situación, en esta fase se hace oficial el hecho de que se está a punto de recibir un producto proveniente de un cliente, sea éste interno o externo. Después de esto, se lleva a cabo una recuperación o distribución inversa del artículo en cuestión, trasladándolo físicamente a un lugar donde se pueda disponer de él, procediendo a su revisión, y así tomar la decisión adecuada acerca de lo que se va a hacer con él. En esta fase cabe considerar los factores clasificación y consolidación, de forma que se facilite la ejecución de estas actividades por medio de la disminución del número de destinos de la mercancía y la reunión de los productos para buscar el mejor destino. Entre las opciones de decisión se mencionan: refabricación, renovación, reutilización, reciclaje, eliminación y reingeniería.

Las actividades de Logística Inversa deben comenzar desde la etapa de diseño del producto. La “reducción de recursos” debe ser el objetivo esencial de cualquier programa que pretenda hacer funcionar efectivamente actividades de Logística Inversa. La segunda opción que se debe considerar es la reutilización de los artículos en cuestión, seguida, en su orden, por el reciclaje, sin ser éstas mutuamente excluyentes entre sí, o con respecto a otras opciones. Como última elección se debe considerar el desecho del producto del cual todavía se puede sacar algún

provecho; por ejemplo, aquellos de los cuales es posible recuperar algunas formas de energía [14].

En la tabla 1, se ilustra un programa de logística inversa. Según los procesos allí presentados, se puede indicar que la logística inversa busca realizar la gestión de recuperación de aquellos productos que ya no cumplen con las expectativas del mercado o aquellos que cumplieron su ciclo de vida y necesitan ser tratados con el fin de evitar daño ambiental, darles un uso alternativo o realizarse una disposición adecuada [15].

Sin embargo, a pesar de las grandes bondades que trae la Logística inversa, no todas las culturas están preparadas para la utilización de esta herramienta. Se debe entonces, trabajar en una renovación de la mentalidad tanto de los consumidores y productores.

Actualmente, en muchas empresas es notoria la incipiente implementación de buenas prácticas en Logística Inversa, ya que sólo se traduce en una búsqueda de ahorros marginales de operación, ignorando el verdadero potencial de esta herramienta para la diferenciación. Esto es aún más notorio al contrastar la casi total ausencia de oferta de operadores logísticos en Colombia, el uso de los canales logísticos tradicionales para los flujos inversos, la inexistencia de presupuestos y recursos humanos, físicos y tecnológicos, así como de las asociaciones en la cadena logística para la administración de los mismos.

Tabla 1. Procesos de la logística inversa. Fuente: Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial [15].

| PROCESO | ACTIVIDAD |
|---|--|
| <i>Recolección</i> | Recogida de los productos o residuos desde los lugares de uso (cliente) al punto de origen o recuperación. |
| <i>Inspección y selección</i> | Una vez los productos son recolectados, se realiza una inspección de los productos o materiales con el fin de determinar la cantidad, procedencia, razones de devolución y tipo de productos. |
| <i>Recuperación directa del producto</i> | Se realiza cuando el producto recuperado puede ser fácilmente devuelto al mercado o proceso productivo. |
| <i>Transformación o tratamiento final</i> | Se encarga de transformar o tratar los bienes o residuos recuperados en productos reusables o remanufacturados para el uso industrial o convertirlos a un estado amigable con el medio ambiente. |
| <i>Transporte</i> | Consiste en mover los productos o residuos entre los puntos de uso y origen o transformación. |
| <i>Almacenamiento</i> | Utilizado para almacenar los productos, materiales o residuos en forma temporal o por períodos de tiempo programados y controlados. |

En la tabla 2, se mencionan algunas de las ventajas o beneficios potenciales de la implementación de un programa de Logística Inversa, al igual que algunas desventajas, que se han denominado más bien como puntos críticos o posibles dificultades.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de un Programa de Logística Inversa. Fuente: Elaboración propia.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la “sorpresa” o incertidumbre en la llegada de productos fuera de uso. • Reaprovechamiento de algunos materiales. • Posibilidad de las empresas de abarcar otros mercados. • Mayor confianza en el cliente al momento de tomar la decisión de compra. • Mejora considerable de la imagen de la empresa ante los consumidores. • Obtención de información de retroalimentación acerca del producto. | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere la realización de estudios previos • Las entradas a un proceso de Logística Inversa son “impredicibles”, debido a que no se trata sólo de una simple manipulación del producto. • La nueva cadena (inversa) incluye un número de procesos inexistentes en logística directa. • Se debe decidir si la empresa realizará las distintas actividades con sus propios recursos o si, por el contrario, requerirá los servicios de un operador especial • Las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar mayores costos al integrarlos al sistema. |

4.1.4 Los seis caminos de la Logística Inversa.

La logística inversa abarca el conjunto de actividades de recogida, desmontaje y desmembramiento de productos ya usados o sus componentes, así como de materiales de distinto tipo y naturaleza con el objeto de maximizar el aprovechamiento de su valor. Dentro de las empresas, este proceso ha tenido una connotación cada vez más relevante, debido a los valores ocultos que se manejan y que afectan competitivamente los resultados finales de las compañías, y a las mejoras en toda la cadena de suministro por una eficiente gestión logística de los flujos inversos.

Los flujos de logística inversas se pueden clasificar atendiendo a la tipología de los productos; es por esto que se puede hablar de productos al final de su vida útil, devoluciones comerciales, devoluciones por garantías; desechos de producción, productos secundarios, envases y embalajes. No obstante, es importante resaltar que existen diferencias representativas entre los diferentes flujos inversos atendiendo a las posibilidades de gestión.

De esta manera, según la tipología del producto y el mayor o menor grado de posicionamiento dentro de su vida útil (ciclo de vida y final de vida) pueden originarse los siguientes flujos o “caminos” de la logística inversa [16]:

I. **Camino 1. Reutilización y/o reventa en outlet.**

Consiste en recuperar el producto en sí para darle un nuevo uso, dado que el mismo mantiene su forma y posee un nulo o escaso deterioro. En este caso el producto es sometido a operaciones de limpieza y mantenimiento que permiten aprovecharlo en su totalidad, aunque existan mínimas diferencias con los productos similares pero nuevos.

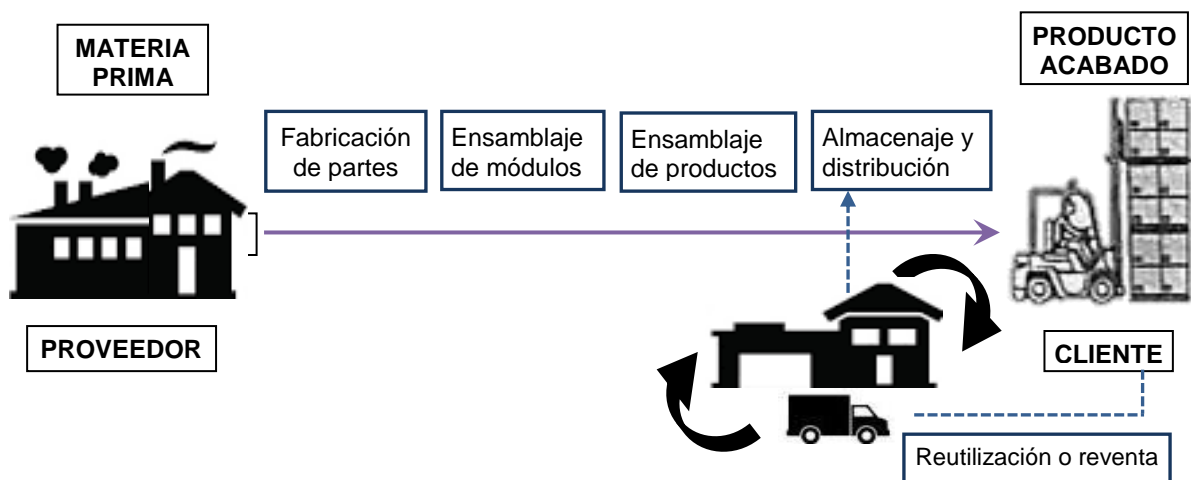


Figura 3. Camino 1 de la logística inversa: Reutilización o reventa. **Fuente:** Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

II. **Camino 2. Reparación.**

En este caso, el producto usado es sometido a reparación para ponerlo de nuevo en funcionamiento. Estas operaciones se pueden llevar a cabo en el domicilio del cliente o en los talleres de servicio técnico del proveedor. La reparación nace generalmente de la necesidad de sustituir alguna pieza o componente que haya alcanzado su vida útil.

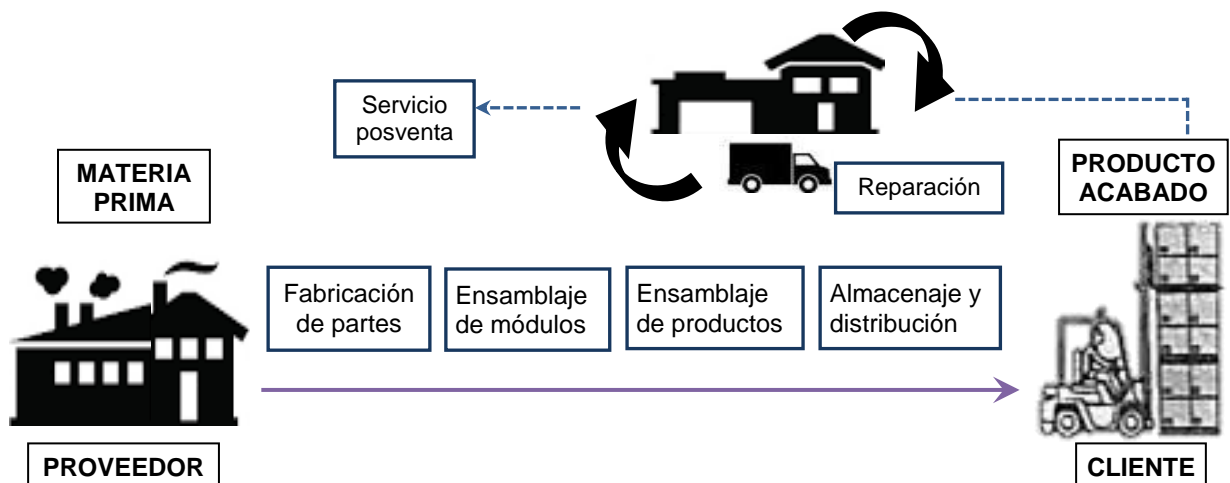


Figura 4. Camino 2 de la logística inversa: Reparación. Fuente: Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

III. Camino 3. Restauración.

Consiste en devolver el valor al producto usado mediante la utilización de nuevas tecnologías que permitan ampliar su vida útil. Este tipo de alternativa por ejemplo suele llevarse a cabo en el caso de la aviación civil y militar.

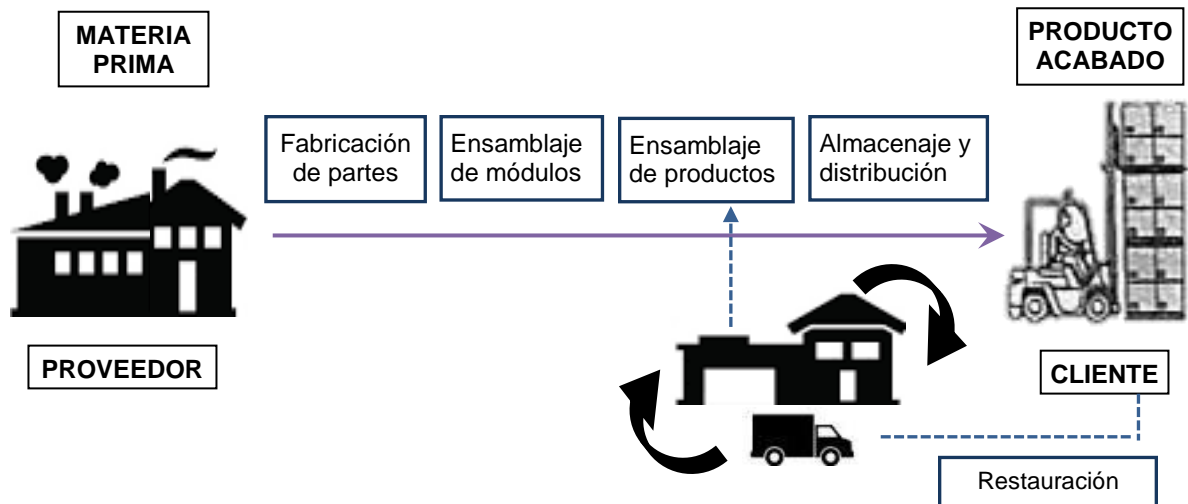


Figura 5. Camino 3 de la logística inversa: Restauración. Fuente: Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

IV. Camino 4. Refabricación y canibalización.

Remanufactura: Los productos sometidos a este tipo de recuperación tienen un grado de descomposición medio-alto y ofrecen a la empresa un beneficio significativo, dado que se consigue un coste de fabricación en muchos casos cercano al

50% de un producto nuevo. En otras palabras, la compañía emplea sus componentes en la remanufactura de un producto original. De esto son ejemplo la industria automotriz, la electrónica, la de telefonía móvil, etc.

Canibalización: Se conocen así aquellas operaciones de gestión de productos fuera de uso (en el final de su vida útil) en las que sólo se recupera una parte mínima de los componentes que posteriormente podrán ser utilizados en un proceso de fabricación. Estas partes, como los componentes electrónicos, por ejemplo, se destinan a operaciones de reparación, restauración y re-fabricación.

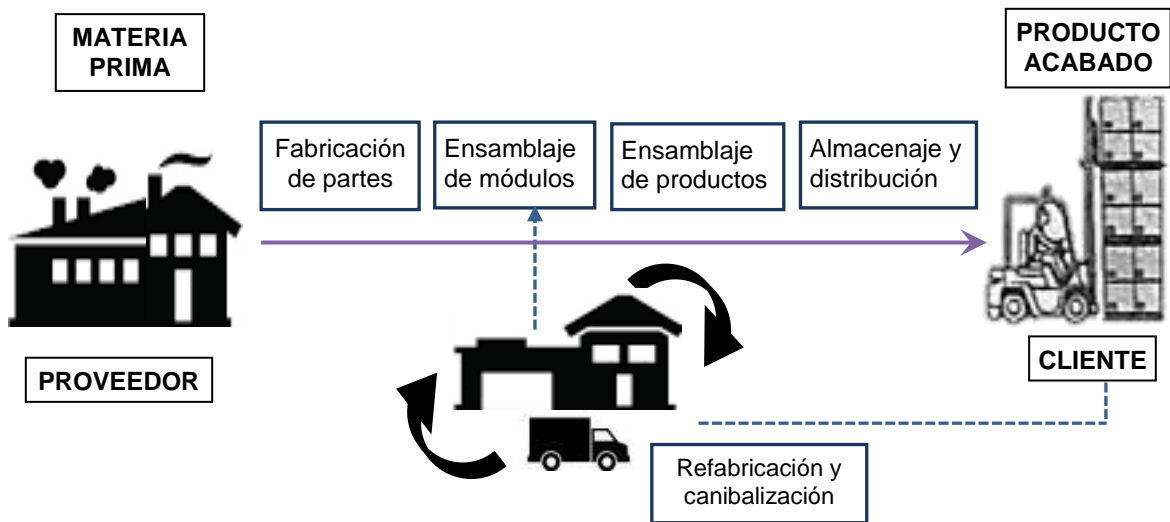


Figura 6. Camino 4 de la logística inversa: Refabricación y canibalización. Fuente: Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

V. Camino 5. Reciclaje.

Mediante el reciclaje se busca la recuperación del material residual de un producto para ser utilizado posteriormente como materia prima en la elaboración de uno nuevo, el cual puede alcanzar niveles de calidad de un producto original debido al uso de nuevas tecnologías cada vez más avanzadas. Es un tratamiento que permite no solo el aprovechamiento de residuos con lo cual se reduce el volumen de desechos, y disminuye la utilización de otras materias primas, sino también un ahorro de energía y de recursos naturales. Además, el reciclaje contribuye directamente de forma efectiva al incremento del PIB (Producto Interior Bruto) y por extensión, del empleo.

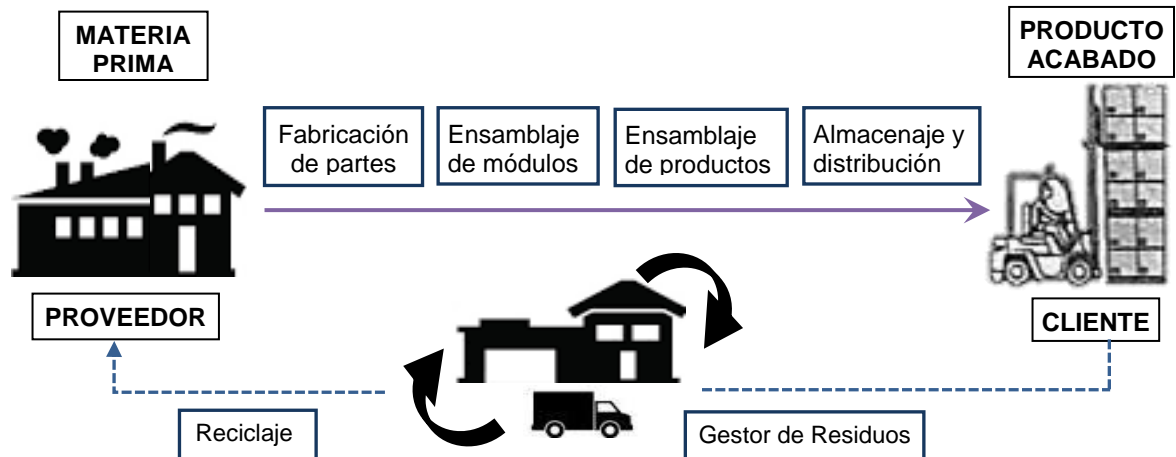


Figura 7. Camino 5 de la logística inversa: Reciclaje. **Fuente:** Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

VI. Camino 6. Incineración y vertedero

Vertedero controlado: Es la alternativa que pone punto final al ciclo de vida de un producto. Se emplea en el caso que éste no pueda ser utilizado de ningún modo. Se realiza en grandes terrenos con buena ventilación donde se excava y se rellena alternando capas de basura y de tierra que son compactadas, para evitar explosiones y contaminación en la superficie y aguas subterráneas.

Incineración: Consiste en un proceso de combustión controlada a altas temperaturas, que transforma la fracción orgánica de los residuos en materiales inertes (cenizas) y gases, logrando una importante reducción de peso (70%) y volumen (80-90%) de las basuras originales. A lo largo del proceso, se obtiene gran cantidad de calor que puede aprovecharse para calefacción en ciudades o para generar energía eléctrica.

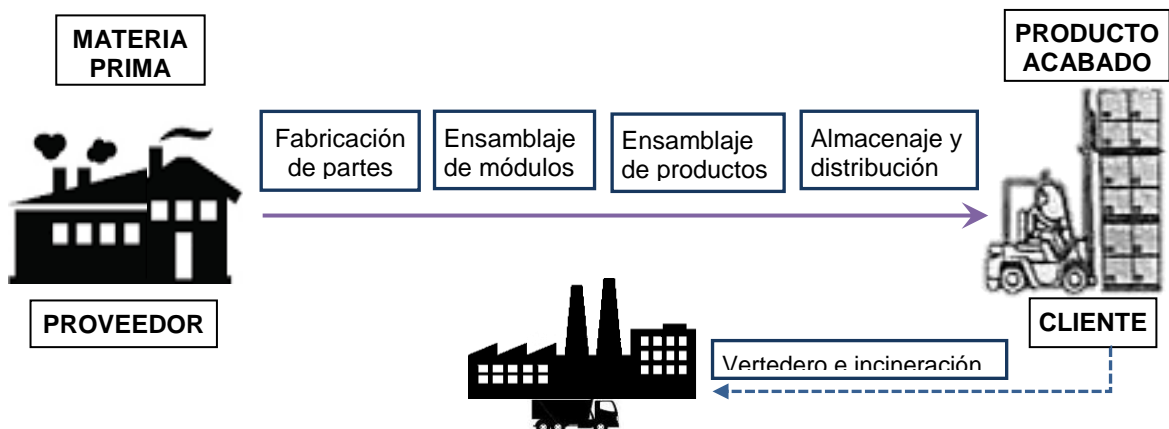


Figura 8. Camino 6 de la logística inversa: Vertedero e incineración. **Fuente:** Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro [16].

4.2 MARCO LEGAL

Los países han establecido normas que buscan minimizar el impacto ambiental generado por los residuos sólidos e incentivar a aquellas organizaciones empresariales que estén interesadas por la recuperación y aprovechamiento de ellos.

A principios de la década de los 90s, la situación del manejo de los residuos se hizo insostenible en los principales centros urbanos de Colombia, lo que motivó la expedición de una serie de normas que entraron a regular y controlar, desde las perspectivas económicas, sociales y ambientales, el manejo integral de los residuos sólidos.

Es así como, en 1993 se expide la Ley 99 que crea el Sistema Nacional Ambiental y se dictan otras disposiciones encaminadas a la sostenibilidad ambiental del país, soportadas en una estructura institucional y administrativa con presencia en todo el territorio nacional. Entre los aportes de la Ley 99 de 1993, se resalta el enunciado “el que contamina, paga” como sostén de la normatividad expedida posteriormente. En cuanto al manejo de residuos, la Ley 99 determina la responsabilidad de los municipios sobre la disposición de los desechos sólidos y en los procesos de llevar a cabo proyectos de descontaminación, reconociéndose de esta manera que la disposición final inadecuada de residuos sólidos disminuye la vida útil de los rellenos sanitarios e impide el aprovechamiento del valor potencial de materias primas que pueden reincorporarse al circuito productivo y económico.

Las mencionadas leyes definen, de manera específica, la responsabilidad de los municipios en el manejo adecuado de residuos, estableciendo la obligatoriedad de elaborar y adoptar Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos [17] (PGIRS) como instrumentos de planificación en el marco de la política y normatividad nacional.

Con respecto a la Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos [18], en 1998 el Ministerio de Ambiente formula la Política de Gestión de Residuos. Esta política se fundamenta principalmente en la Constitución Política de Colombia, la Ley 99 de 1993, la Ley 142 de 1994 y el documento “Política para la Gestión Integral de Residuos” elaborado por el Consejo Nacional para la Economía Social (CONPES) [19] que definió los siguientes objetivos fundamentales:

- ✓ Minimizar la cantidad de residuos que se generan.
- ✓ Promover la disminución desde su origen.
- ✓ Aumentar el aprovechamiento de residuos sólidos.
- ✓ Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de residuos.

En la normatividad vigente se encuentran las actuales Resoluciones Reglamentarias de Pos-consumo para algunos productos y residuos especiales y peligrosos:

- Resolución 693 de 2007 (Envases de plaguicidas)
- Resolución 371 de 2009 (Medicamentos o Fármacos vencidos)
- Resolución 372 de 2009 (Baterías Usadas Plomo Acido)
- Resolución 1457 de 2010 (Llantas Usadas)
- Resolución 1511 de 2010 (Residuos de Bombillas)
- Resolución 1512 de 2010 (Computadores y/o Periféricos)

En dichas normatividades se han establecido planes de gestión pos-consumo, así como sistemas de recolección selectiva de obligatorio cumplimiento. Esto involucra metas de recolección anuales, el establecimiento de puntos de acopio, la articulación de todos los actores de la cadena, así como sus responsabilidades, la comunicación con el consumidor final, campañas de tipo publicitario, el transporte y las posibles alternativas de recuperación y/o valorización. Hasta el momento, las campañas han presentado resultados significativos en los volúmenes de recolección, y las ciudades con mayores puntos de acopio y recolección han sido las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali.

Por su parte, la serie de normas internacionales ISO 14000 que incluye la norma 14040, informa sobre el análisis del ciclo de vida de los materiales y la serie 14025 ofrece una buena base de información para el análisis del ciclo de vida, puesto que para saber cómo se realiza el tratamiento de cierto material, en cuanto a eliminación, reciclado o reutilización, es necesario conocer cómo es su ciclo de vida. En el análisis de éste se cuantifica el impacto del producto durante su producción, distribución y uso.

4.2.1 Guías técnicas colombianas sobre residuos.

El siguiente listado presenta guías técnicas colombianas que abordan temas relacionados con la gestión de residuos.

- GTC 24 (Tercera actualización):2009, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.
- GTC 35:1997, Gestión ambiental. Residuos. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.
- GTC 53-2:1998, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.
- GTC 53-3:1998, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de envases de vidrio.

- GTC 53-4:1998, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el reciclaje de papel y cartón.
- GTC 53-5:1999, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.
- GTC 53-6:1999, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos de papel y cartón compuestos con otros materiales.
- GTC 53-7:2000, Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos.
- GTC 86: 2003, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos (GIR).

5. LOGÍSTICA INVERSA: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

En esta sección se realiza una revisión de la literatura en cuanto a las definiciones del concepto de Logística Inversa propuestos por importantes autores en los últimos años, además de varios estudios realizados frente a este tema, lo que permite demostrar el interés que se ha puesto en la implementación del sistema de Logística Inversa, especialmente en la recuperación de productos al final de su vida útil, y el diseño de las instalaciones para realizar dicha recuperación. Finalmente, se presenta un estudio más amplio de algunos de sus artículos y casos de aplicación considerados pertinentes para la investigación actual.

5.1 APORTES DE AUTORES EN CUANTO A LOGÍSTICA INVERSA

5.1.1. Definiciones de Logística Inversa.

- Lindhqvist, la define como, “aquella estrategia orientada a reducir el impacto medioambiental de un producto a través de la toma de conciencia, por parte del fabricante, en todo el ciclo de vida del producto, especialmente en las etapas de retorno, reciclaje y eliminación” [5].
- Díaz Fernández, aborda el concepto de logística inversa enfatizando que el nuevo flujo, opuesto al flujo directo convencional de la cadena de suministro, debe ser gestionado adecuadamente afirmando que “El concepto de logística inversa (reverse logistics) incluye no solo el transporte del producto usado desde el usuario final hasta al productor, sino también la transformación de los productos retornados en productos nuevamente utilizables” [5].
- Lambert, Stock, y Ellram [2] afirman que “La logística inversa se encarga de la gestión de la planeación operacional, del control y disposición final segura y efectiva de todos los desperdicios, residuos y desechos (DRD) que genera un sistema productivo de bienes o servicios. Algunos autores extienden esta definición hasta considerar los procesos de reciclaje, reuso y reproceso que se dan a los DRD.
- Hevia, L. F. Urquiaga R.A. plantea que “EL término de Logística Reversa no se utiliza solo para hacer referencia al papel de la logística en el retorno del producto, sino que también se refiere a la reducción en origen, el reciclado, la reutilización de materiales, la sustitución de materiales, la eliminación de residuos y desperdicios, la reparación y a la re manufacturación”, también plantea que la logística inversa “Es el proceso de planificar, implementar y controlar

eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos." [21]

- Thierry, Salomon, Van Nunen y Van Wassenhove, definen el concepto de Logística Inversa como "gestión de productos recuperados", cuyo objetivo es "recuperar tanto valor económico y ecológico como sea posible, reduciendo de esta forma las cantidades finales de residuos". Estos autores defienden la idea de que las empresas deben desarrollar una política efectiva para la gestión de productos recuperados, sin que esto afecte significativamente a su estructura de costos [5].

5.1.2 Estudios realizados sobre Logística Inversa.

Dentro de la revisión bibliográfica se identificaron destacados estudios sobre el tema de la logística inversa, los cuales en su mayoría se empezaron a divulgar desde finales de los años 70, debido al interés de muchos sectores sobre los beneficios potenciales de la recuperación de materiales. A continuación, se presenta un resumen de los estudios realizados por:

- James R. Stock, quien analiza los procesos logísticos relacionados con el retorno de productos desde los consumidores al productor, el reciclaje, la reutilización de materiales y componentes, la eliminación de residuos y las operaciones de restauración, reparación y re-fabricación [5].
- Bloemhof-Ruwaard, Van Beek y Van Vassenhove [22], analizaron por primera vez las relaciones e interacciones existentes entre la investigación de operaciones y la gestión medioambiental desde dos perspectivas:

El impacto sobre la cadena de suministro, analizando cómo los aspectos medioambientales afectan a la planificación de la producción, distribución, inventarios y localización.

El impacto sobre la cadena medioambiental, estudiando como las técnicas de investigación de operaciones pueden contribuir a una mejor formulación y resolución de las cuestiones medioambientales.

Ellos presentaron las primeras aplicaciones de los modelos de programación lineal entera mixta y aportaron luces sobre cómo abordar los problemas en la gestión de redes de logística inversa, y de cómo la recuperación de productos al final de su

vida útil, se ha derivado de la elaboración de nuevos productos, generando grandes beneficios y estimulando la atención industrial.

- Fleischmann, Bloemhof-Ruwaard, Dekker, Van der Laan, Van Nunen y Van Vassenhove [6], recopilan un conjunto de modelos cuantitativos diseñados para el análisis de la función inversa de la logística, agrupándolos en tres categorías: sistemas de distribución, gestión de inventarios y modelos de planificación de la producción.
- Kroon y Vrijens [23], analizan un sistema para la reutilización de contenedores en una empresa de servicios logísticos de Holanda. Los autores utilizan el término Sistema Logístico de Devoluciones (Return Logistics System) para referirse a la consideración de la Función Inversa de la Logística en la etapa de la distribución física, ya que, como muy bien apuntan, la logística inversa puede aplicarse a las diferentes etapas de la cadena logística. Plantean además un modelo de simulación y un modelo de Programación Lineal Entera Binaria que intenta determinar el número de contenedores disponibles, su localización, funcionamiento del sistema y cuotas de recogida, distribución y servicio. Se trata de un modelo clásico de localización de instalaciones, de carácter estático, que se resuelve para distintos escenarios, de manera que se amortigüe el efecto de la incertidumbre asociada a estos modelos.
- Krikke, Kooki y Schuur [24], presentan un modelo de Programación Lineal Entera Mixta, que permite el diseño de una red de logística inversa para la recuperación y refabricación de automóviles. Este modelo supone que el recuperador del automóvil recicla una parte del mismo (30%) y refabrica el resto. Cada una de estas opciones de gestión se llevará a cabo en instalaciones diferentes por lo que será necesario establecer las rutas que seguirán estos productos fuera de uso.
- Spengler, Puchert, Penkuhn y Rentz [25], formulan dos modelos con aplicaciones, por una parte, al reciclaje de subproductos industriales y, por otra, al desmantelamiento y reciclaje de viviendas.

En el primer modelo se estudia el problema de localización de instalaciones y asignación de flujos, de forma similar a un modelo tradicional de localización de almacenes en el que se determinan la localización de la instalación de reciclaje, su capacidad y la opción de reciclaje a utilizar para cada uno de los subproductos obtenidos en el proceso de fabricación del acero. El modelo fue planteado como un problema de programación lineal entera mixta (MILP), con el objetivo de minimizar todos los costos asociados en el proceso de reciclaje. Se consideraron escenarios con diferentes tipos de tecnología a implementar para los procesos de recuperación.

En el segundo modelo se plantea el diseño de un sistema integrado para el desmantelamiento y reciclaje de viviendas. Se trata de un problema de maximización de una función de beneficios, definida como la diferencia entre los ingresos procedentes de la reutilización de los materiales y los costes de las operaciones de demolición.

- Barros, Dekker y Scholten [26], quienes diseñaron una red para la recuperación y el reciclaje de arena proveniente de construcciones, utilizan el mismo planteamiento de localización de instalaciones y asignación de flujos, formulado a través de un problema de MILP, con el objetivo de minimizar los costos asociados, y gestionar el flujo de productos retornados, para un solo periodo de tiempo. Este modelo, de carácter estático, consideró distintos escenarios para tratar la incertidumbre en la cantidad de arena recuperada y la calidad de la misma. Sin embargo, debido a la complejidad del problema se propuso una metodología de solución con técnicas heurísticas.
- Fleischmann [27] formula un modelo que considera, simultáneamente, el flujo directo e inverso existente en una red logística. El problema de este modelo denominado “Modelo genérico de recuperación de productos fuera de uso”, es el de determinar el número de instalaciones (plantas, almacenes y centros de recuperación), sus localizaciones y la asignación de los correspondientes flujos:
 - I. **Flujo inverso:** Los consumidores entregan sus productos fuera de uso en unos centros de recuperación, donde se clasifican, bien como válidos siendo enviados a la planta donde se procesan, o bien como no válidos siendo entonces desechados.
 - II. **Flujo directo:** Las instalaciones procesan (refabrican, reutilizan o reciclan) los productos recuperados y los distribuyen a los almacenes desde donde se enviarán a los consumidores.

5.2 ANÁLISIS DE ARTÍCULOS

Para efectos del proyecto de investigación, el análisis se hará en torno a los problemas de Diseño de redes de logística inversa y localización de instalaciones ya que son los que tratan la recuperación de productos a final de su vida útil y la gestión de residuos.

A continuación se presenta un resumen y análisis de los estudios mencionados que guardan mayor relación con la investigación del presente trabajo:

5.2.1 Environmental integrated production and recycling management.

Autores: Th. Spengler, H. Piichert, T. Penkuhn, y O. Rentz [25]

Revista de publicación: European Journal of operational research. University of Kalsruhe, Hertzstr. (Alemania, 1997)

Disponible en línea en:

https://www.researchgate.net/publication/4943201_Environmental_integrated_production_and_recycling_management

Objetivo: Desarrollar e implementar un sistema integrado de planeación del desmantelamiento y reciclaje de edificios domésticos en la región Alemano-Francesa de Upper Rhine Valley.

Resumen: Básicamente en el artículo los autores pretenden demostrar el gran impacto positivo que puede tener para las empresas la aplicación real de la planificación ambiental integrada de la producción y el reciclaje. El argumento de los autores se centra en que debido a que para las empresas cada vez son más notorios los costos de eliminación de subproductos y residuos industriales, así como los estándares de emisión que se les son exigidos, estas deben establecer y controlar tecnologías avanzadas de producción que sean amigables con el medio ambiente, de modo que las emisiones y subproductos se reduzcan drásticamente. Ya que inevitablemente en los procesos de producción se generan desperdicios de materia prima, y que los productos a su vez llegan a un final de su vida útil al ser desechados por el consumidor final es obligación de las empresas productoras lograr el reciclaje de dichos desperdicios. La complejidad de los problemas de decisión resultantes requiere métodos de investigación de operaciones adecuados. El artículo trata acerca del desarrollo de modelos sofisticados de investigación de operaciones, donde los autores desarrollaron arduas investigaciones para determinar casos de aplicación. Los modelos fueron aplicados exitosamente a grandes problemas industriales en la práctica en las áreas de reciclaje de residuos de demolición en la región alemana-francesa y la administración de subproductos en la industria del acero.

El diseño de la estructura de la red de logística inversa planteada por los autores queda compuesta entonces desde el momento en que se va a demoler un tipo de edificio respectivo, el primer paso es la aplicación de una actividad de desmantelamiento, lo que conlleva a obtener un vector de componentes desmantelados, de cada componente se debe conocer la cantidad en toneladas sustraída y dependiendo de esa cantidad y de la clase de componente se aplica una técnica de reciclaje que finalmente lleva a la decisión de la asignación de la alternativa de reutilización óptima.

Análisis: Al comparar el problema planteado en este artículo con el que se busca desarrollar en el documento actual se pueden encontrar varias similitudes como la necesidad de evaluar diferentes técnicas de reciclaje y opciones de reutilización que conlleven a la elección de la mejor alternativa para el material en cuestión, además de los costos de recolección y los ingresos que se esperan obtener con la aplicación de las alternativas. Sin embargo se difiere en aspectos como por ejemplo la cantidad de componentes del elemento que se quiere recuperar, ya que en el artículo los edificios están compuestos por un conjunto de materiales y por esto deben ser sometidos a unas actividades de desmantelamiento y cada componente obtenido tendrá diferentes opciones de reutilización sometido a diferentes costos y conceptos de ingresos, mientras que el material de Poliestireno Expandido será recolectado como único material, no sometido a actividades de desmantelamiento, pero si a unas posibles actividades de adecuación para el proceso elegido de reutilización.

5.2.2 A two-level network for recycling sand: A case study.

Autores: A.I. Barros, R. Dekker, V. Scholten [26]

Revista de publicación: European Journal of operational research, Erasmus University Rotterdam (Países Bajos, 1998).

Disponible en línea en:

http://www.researchgate.net/publication/4867339_A_TwoLevel_Network_for_Recycling_Sand_A_Case_Study

Objetivo: Diseñar una red de logística inversa para la recuperación y reciclaje de la arena proveniente de la construcción en el territorio de Países Bajos así como el establecimiento del modelo de optimización de la red.

Resumen: El campo de aplicación de la investigación contada en el artículo se ubica en los Países Bajos, los autores proponen el diseño de una red de logística inversa para la recuperación y el reciclaje de arena proveniente de construcciones ya que representa uno de los problemas logísticos más grandes de la región. El problema principal se centra en que aunque la arena se recupera fácilmente y en grande cantidades (Aproximadamente 992.000 toneladas por año), su reutilización es bastante reducida ya que en primer lugar la capacidad de los centros de clasificación es limitada y además a menudo la arena recuperada se encuentra contaminada por otros materiales como la pintura y por lo tanto antes de ser reutilizada debe ser revisada correctamente, lo que hasta el momento no se había hecho.

Por lo anterior el diseño de red planteado en el artículo debía contener instalaciones aptas para realizar actividades de recuperación de la arena tamizada, clasificación de la misma según su nivel de contaminación, almacenamiento de la arena limpia y limpieza de la contaminada. Es claro que para el establecimiento de este tipo de red se hizo necesario un análisis exhaustivo de los costos anuales del funcionamiento así como el número de instalaciones a localizar, el lugar de localización y el flujo de la arena a través de la red planteada. Para abordar este problema los autores proponen un modelo de localización de dos niveles y la aplicación de procedimientos heurísticos para su optimización. El artículo se centra solamente en un punto de vista estratégico omitiendo la competente a lo operativo por lo tanto el problema se aborda como estático.

Una de las principales conclusiones de este estudio radica en la importancia de la teoría de localización en la gestión de residuos y reciclaje. Cuando sea que una nueva red debe ser creada y el conjunto de posibilidades es muy grande para ser analizado caso por caso la teoría de localización provee de modelos y procedimientos de solución para atacar el problema eficientemente.

Análisis: En general el problema de la arena planteado en el artículo y la forma en la que se le intentó dar solución guarda gran similitud con lo que se pretende hacer en el documento actual. Por una parte al igual que con la arena tamizada, la red que se diseñará para el Poliestireno Expandido tendrá dos clientes: el primero representado por los lugares de generación de residuos EPS de donde se recogerá el material y el segundo representado por los proyectos finales u organizaciones a los cuales se les entregará el material para ser utilizado de nuevo en un proceso productivo. Al ser recolectado el Poliestireno Expandido debe ser clasificado en limpio y sucio, al material limpio será almacenado para posteriormente tratarlo y el material sucio deberá ser lavado antes de dicho proceso. En el documento además se pretende obtener la información más aproximada posible costos de transporte, costos de instalación del centro de acopio, tratamiento y costos de funcionamiento. Una de los aspectos diferentes entre el problema de la arena y el problema del Poliestireno Expandido es que no es necesaria la instalación de dos tipos de lugares diferentes ya que se pretende que la clasificación, tratamiento y almacenaje del EPS estén el mismo sitio.

5.2.3 Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica (Gestión eficiente de llantas y neumáticos fuera de uso)

Autor: Flórez A., Toro E. y Granada M. [7]

Fuente de publicación: Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadanida, Universidad Nacional de Neogranada (Colombia, 2012)

Disponible en línea en:

[file:///D:/Usuario/Downloads/Dialnet-DisenoDeRedesDeLogisticaInversa 5065757%20\(4\).pdf](file:///D:/Usuario/Downloads/Dialnet-DisenoDeRedesDeLogisticaInversa%205065757%20(4).pdf)

Objetivo: Maximizar el beneficio obtenido expresado en términos de rentabilidad económica.

Resumen: En el artículo los autores realizan una revisión extensa del estado de la literatura de logística inversa, centrándose en tres temas principales: diseño de redes de logística inversa y localización de instalaciones, gestión de inventarios y planificación y control de actividades, haciendo además comparación de diferentes modelos y métodos de solución. Finalmente teniendo en cuenta toda la revisión hecha presentan un modelo de logística inversa aplicado al problema de la gestión de neumáticos fuera de uso en los municipios de Pereira y Dosquebradas, Colombia.

Los autores clasifican los neumáticos por tamaño y peso para facilitar su análisis, agrupando los tipos de vehículos que necesitan las mismas clases de llantas, adicionalmente tienen en consideración la variable tiempo haciendo una proyección de 5 años sobre la generación de llantas fuera de uso teniendo en cuenta históricos de 20 años del comportamiento de vehículos, utilizando el método de promedios móviles.

Debido a que no se posee la suficiente información, en el artículo se plantean dos escenarios posibles: la recolección del 100% de las llantas y la recolección inicial de tan solo un 20% incrementando en 5% cada periodo. Se analizan además diferentes alternativas de reutilización con diferentes capacidades y se tienen en cuenta los costos fijos de apertura según las alternativas y los escenarios de recolección así como los costos fijos y variables de funcionamiento por periodo. Los costos de transporte son analizados en \$ (pesos colombianos) por kg o por unidad transportada siendo proporcional el costo a la distancia recorrida.

El artículo tiene básicamente dos conclusiones bastante importantes, la primera es que se evidencia la gran evolución que ha tenido la literatura en cuanto al estudio de problemas de logística inversa hasta llegar a un punto donde no es suficiente el análisis únicamente de los costos asociados a la red, sino de la posible ganancia ligada a las opciones de reutilización, lo cual está más encaminado a un enfoque

de creación de empresa de logística inversa. En segundo lugar es bastante claro que no hay un método de solución general que pueda ser aplicado a todos los casos, el método de solución siempre va a depender del tamaño y condiciones del problema tratado.

Análisis: La manera en la que se plantea el diseño de red y se modela el problema de la gestión de llantas y neumáticos guarda gran relación con lo que se pretende lograr con la investigación actual, está muy claro tanto los ingresos provenientes de las opciones de reutilización como los costos asociados a ello. Por otra parte, el análisis en periodos de tiempo y la alternativa de proyección, considerada de gran utilidad, es uno de los inconvenientes identificados con la gestión del Poliestireno Expandido, ya que no existe información actual acerca de la generación de residuos, incluso el solo hecho de conocer la producción de Icopor en la ciudad de Pereira es casi imposible, razón por la cual la recolección de información se abordará de una manera diferente

6. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA ACTUALIDAD

6.1 DEFINICIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

El Poliestireno Expandido (EPS, por sus siglas en inglés) es un material plástico fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible, cuya estructura celular contiene aire, lo cual lo hace liviano y relativamente rígido [28]. Actualmente, se clasifica como un material ordinario e inerte por lo que la técnica de manejo común es llevarlo directamente a los rellenos sanitarios.

6.1.1 Propiedades del Poliestireno Expandido.

El Poliestireno Expandido presenta ciertas propiedades que lo convierten en un material atractivo para diferentes sectores, las más importantes de ellas se presentan a continuación:

- Excelente aislante térmico.
- Buen comportamiento mecánico a flexión y compresión.
- Material inocuo, durable y compatible con el medio ambiente. Dimensionalmente estable.
- Absorbe muy poca cantidad de agua.
- Resistente al envejecimiento, no se enmohece ni se descompone.
- Ligero, fácil de dimensionar, manipular, transportar y colocar.
- Puede ser cerrado, cortado, perforado, cepillado, lijado, elastificado, doblado, clavado y atornillado. Se adhiere a superficies absorbentes y no absorbentes como madera, metal, hormigón y múltiples materiales. Fijado con adhesivos de base acuosa, sin disolventes tóxicos, contribuye a un uso compatible con el medio ambiente.

En la tabla 3 se listan las propiedades físicas más relevantes del Poliestireno Expandido, éstas permiten analizar los métodos más apropiados para su reciclaje y en los que se basa el proyecto. Además, en la tabla 4 se detallan las propiedades químicas, que, junto con las antes mencionadas, permiten conocer las características que permanecen después de la transformación para determinar los usos que se le pueden dar al producto terminado.

Tabla 3. Propiedades Físicas del EPS. **Fuente:** Asociación Nacional de Poliestireno Expandido [28].

| PROPIEDAD | UNIDADES | VALORES MARGEN DE OSCILACIÓN |
|---|--------------------------|------------------------------|
| Densidad nominal | Kg/m ³ | 10-35 |
| Densidad mínima | Kg/m ³ | 9-31,5 |
| Espesor mínimo | mm | 50-20 |
| Conductividad térmica λ (10 °C) | mW/(mK) | 46-33 |
| Tensión por compresión con deformación del 10% | KPa | 30-250 |
| Resistencia permanente a la compresión con una deformación del 2% | KPa | 15-70 |
| Resistencia a la flexión | KPa | 50-375 |
| Resistencia al cizallamiento | KPa | 25-184 |
| Resistencia a la tracción | KPa | <100-580 |
| Módulo de elasticidad | MPa | <1,5-10,8 |
| Indeformabilidad al calor instantánea | °C | 100 |
| Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m ² | °C | 80 |
| Coefficiente de dilatación térmica lineal | 1/K (x10 ⁻⁵) | 5-7 |
| Capacidad térmica específica | J/(kgK) | 1210 |
| Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días | % (vol.) | 0,5-1,5 |
| Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días | % (vol.) | 1-3 |
| Clase de reacción al fuego | - | M1 ó M4 |
| Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua | - | <20-120 |

Tabla 4. Propiedades Químicas del EPS. Fuente: Asociación Nacional de Poliestireno Expandido [28].

| SUSTANCIA ACTIVA | ESTABILIDAD |
|--|--|
| Solución salina (agua de mar) | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Jabones y soluciones de tensioactivos | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Lejías | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Ácidos diluidos | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%) | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Ácidos concentrados (sin agua) al 100% | No estable: El EPS se contrae o se disuelve |
| Soluciones alcalinas | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Disolventes orgánicos (acetona, esterés) | No estable: El EPS se contrae o se disuelve |
| Hidrocarburos alifáticos saturados | No estable: El EPS se contrae o se disuelve |
| Aceites de parafina, vaselina | Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie |
| Aceite de diesel | No estable: El EPS se contrae o se disuelve |
| Carburantes | No estable: El EPS se contrae o se disuelve |
| Alcoholes (metanol, etanol) | Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada |
| Aceites de silicona | Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie |

6.1.2 Proceso de fabricación y transformación del EPS.

La Asociación Nacional de Poliestireno Expandido de España ANAPE [28] explica el proceso de producción del EPS:

La materia prima para la fabricación del material es el Poliestireno Expandible, material plástico, específicamente polímero del estireno que se obtiene en forma de pellets o pequeños cilindros y contiene un agente expansor llamado pentano.

El Poliestireno Expandido (EPS) se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible. Esta materia prima es un polímero del estireno que contiene un agente expansor llamado pentano y se obtiene de un proceso de polimerización en un reactor con agua.

Durante la fabricación de EPS se utiliza básicamente vapor, el proceso no involucra ningún gas que represente efecto negativo alguno sobre la Capa de Ozono. Una de las cualidades principales del Poliestireno Expandido es que su producción es cero riesgosa para el medio ambiente.

El proceso de transformación de la materia prima (poliestireno expandible) en artículos acabados de Poliestireno Expandido transcurre fundamentalmente en tres etapas:

1ª Etapa (Preexpansión):

Los pellets o perlas de poliestireno expandible son introducidos en unas máquinas especiales con vapor de agua denominadas preexpansores, en donde son sometidas a temperaturas situadas entre aprox. 80 y 110°C. De esta forma el pentano es liberado y las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas ligeras de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior, que hace inflarlas alrededor de 40 veces su tamaño original. Posterior a esto se dejan enfriar.

2ª Etapa (Reposo intermedio y estabilización):

Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material preexpandido en lugares ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

3ª Etapa (Expansión y moldeo final):

Finalmente, las perlas expandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente son vaciadas para aplicarles vapor. De esta forma tardan aproximadamente 20 minutos en fusionarse formando grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc.) o productos conformados con su acabado definitivo.

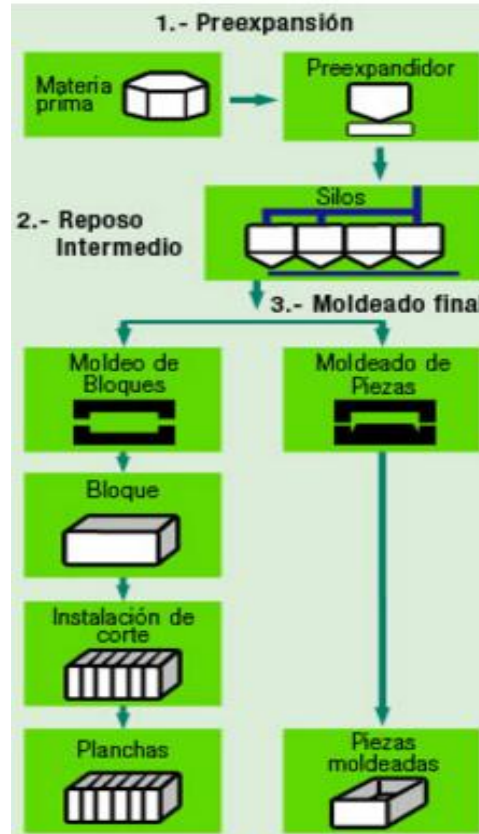


Figura 9. Esquema de transformación del Poliestireno Expandido (EPS). Fuente: Asociación Nacional de Poliestireno Expandido [28].

6.1.3 Aplicaciones del Poliestireno Expandido.

Por su versatilidad y facilidad de conformado, además de sus excelentes cualidades y propiedades, el EPS se utiliza en diversos sectores [28].

- **Construcción:** Las aplicaciones en esta área se centran fundamentalmente en la edificación con soluciones constructivas para el aislamiento termoacústico de los diferentes cerramientos, así como en soluciones de alige-

ramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación, además de otras aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación.

- **Empaque y embalaje:** En el caso del embalaje, es frecuente el uso de bandejas de Poliestireno Expandido como soporte de alimentos perecederos por sus cualidades de higiene, aislamiento, ligereza y resistencia. En cuanto a empaque comúnmente se usa para electrodomésticos, electrónica de consumo e informática, componentes de automoción, óptica, fotografía y aparatos de precisión, juguetes, farmacia, perfumería, cosmética, horticultura, jardinería, material eléctrico, muebles, herramientas y maquinaria.
- **Diversas aplicaciones:** Desde los cascos protectores para ciclistas y motoristas hasta flotadores, salvavidas y planchas de surf. Las características del EPS como material permiten fabricar productos ligeros de alta protección que, en un momento determinado, pueden salvar vidas, como son las neveras en que se transportan los órganos humanos destinados a trasplante o elementos de seguridad vial.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que en muchas partes del mundo más del 50% del EPS se utiliza para aplicaciones duraderas como el aislamiento térmico de los edificios, o como material de aligeramiento en diferentes construcciones por lo que permanece, sin necesidad de recambio, en el interior de los edificios o de la obra un largo período de tiempo. El EPS ofrece un gran cantidad de posibilidades en cuanto a versatilidad, eficacia, seguridad y respeto por el medio ambiente, lo que consigue que sea más utilizado en las más variadas situaciones, siendo el material más óptimo para éstas.

Por otra parte, en cuanto al aprovechamiento de los residuos de este material, en diferentes países el Poliestireno Expandido se está reciclando de forma exitosa. La proporción de embalajes usados de EPS que se están recuperando, principalmente a través de su reciclado mecánico, se ha duplicado con creces durante los últimos años. Las previsiones muestran que el reciclado del EPS continuará creciendo, dado que este puede reciclarse mecánicamente a través de diferentes formas y para distintas aplicaciones tales como fabricación de nuevas piezas de EPS, mejora de suelos, aditivos aligerantes para el hormigón, incorporación a otros materiales y producción de granza.

6.2 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE EPS EN EL MUNDO

Los esfuerzos por lograr una disposición adecuada de los residuos de Poliestireno Expandido en el mundo surgieron por primera vez en 1992 con la formación de la

Alianza Internacional de Poliestireno Expandido (INEPSA) [26] compuesta en un principio por la Organización asiática de productores de EPS (AMEPS), La Alianza de la Industria de EPS de Estados Unidos (EPS-IA) y la Organización europea de productores de EPS (EUMEPS).

Actualmente alrededor de 31 países en el mundo han firmado el Convenio Internacional de Reciclaje con el que se comprometen a [29]:

- Mejorar los programas existentes y/o iniciar nuevos programas que permitan el cumplimiento de los estándares nacionales ambientales de la espuma de EPS independientemente del país de origen.
- Seguir promoviendo el uso de poliestireno reciclado en una amplia variedad de aplicaciones.
- Continuar trabajando por el establecimiento de estándares ambientales internacionales más uniformes y consistentes especialmente en cuanto a la disposición de los residuos de EPS.
- Establecer una red para intercambiar información acerca de programas ambientales de gestión de los residuos de EPS que involucre tanto los fabricantes, como los miembros de la asociación como el gobierno y el consumidor final.

En la Figura 10 se muestra la lista de los 31 países que han firmado el Convenio Internacional de la INEPSA.



Figura 10. Países que han firmado El Convenio Internacional de Reciclaje de EPS. **Fuente:** Pagina Web Oficial INEPSA [29]

Cada uno de los 31 países que han firmado el convenio, se comprometen básicamente a velar por una gestión responsable del EPS, sin embargo, la viabilidad para el reciclaje del material, así como la forma de operar difiere en cada país. Esto se debe a que cada territorio posee condiciones diferentes de infraestructura y transporte por lo tanto la logística para cada uno es diferente, además la cultura y

la economía de cada región influyen en gran medida en la toma de decisiones. Las alternativas que pueden funcionar en un territorio pueden no ser la mejor solución para otro. Es así como cada país provee información acerca de la forma en la que realiza la gestión de los residuos EPS [29]. A continuación, se realiza una revisión de esa gestión:

6.2.1 Asia.

Países miembros: En Asia se encuentra la organización de Productores Asiáticos de Poliestireno Expandido (AMEPS) [30] la cual fue fundada en 1994 y se está compuesta por 14 países de la región Pacífica Asiática, estos se muestran en la Figura 11 con el respectivo nombre de las asociaciones nacionales.

| | |
|---|--|
| • Australia - Recycling Expanded Polystyrene Australia (REPSA) | • Malaysia - Malaysia Expanded Polystyrene Recycling Council (MERC) |
| • China - China Plastics Processing Industry Association EPS Committee (CPPIAEPS) | • New Zealand - Plastics New Zealand Incorporated (PNZI) |
| • Hong Kong - Chinese Hong Kong Expanded Polystyrene Association (CHKEPSA) | • Philippines - Polystyrene Packaging Council of Philippines (PPCP) |
| • India - Expanded Polystyrene Recycling Association India (EPSRAI) | • Singapore - Expanded Polystyrene Recycling Association Singapore (ERAS) |
| • Indonesia - Indonesian Expanded Polystyrene Association (INAEPSA) | • Taiwan - Chinese Taipei Expanded Polystyrene Recycling Association (CTEPSRA) |
| • Japan - Japanese Expanded Polystyrene Recycling Association (JEPSRA) | • Thailand - Thai Plastics Foam Recycling Industries Association (TPFRIA) |
| • Korea - Korea Foam-Styrene Recycling Association (KFRA) | • Vietnam* - Vietnam Plastics Manufacturers Association (VPMA) <small>*Associate Member</small> |

Figura 11. Países miembros de AMEPS. Fuente: Página Web Oficial AMEPS [30]

Estadísticas y gestión de los residuos de EPS: Según las estadísticas de los informes presentados por AMEPS [27] los países miembros generaron en total entre el 2009 y el 2011 un promedio por año de alrededor de 2`527. 960 toneladas de EPS, de las cuales China tiene la mayor participación con un aproximado de 77%, se estima además que en dicho país la tasa de crecimiento anual de consumo del material es de 5,9% por año.

Lo curioso acerca de lo anterior es que en China el uso de Poliestireno Expandido para manipulación de alimentos estuvo prohibido desde 1999 hasta el 2013, prohibición de la cual gran parte de la población ni siquiera estaba enterada y este es uno de los más claros ejemplos del por qué en la mayoría de los países no fun-

ciona la prohibición del material, solo en el 2011 la industria del EPS en el país asiático registro ventas de 2,4 billones de dólares, aun a pesar de la supuesta prohibición [31].

En el 2006 tras ver que la norma no se estaba cumpliendo las autoridades de Shangai comenzaron a cobrar a los fabricantes EPS 5 centavos de dólar por cada caja de EPS producida para subsidiar a los recicladores del material, por lo cual desde el 2006 se reciclaron alrededor de 900 millones de cajas de EPS [31].

Tras el surgimiento de opciones de reciclaje y al ver que la utilización de otros materiales podía representar incluso de 3 a 4 veces el costo del EPS la prohibición fue revocada. Sin embargo, hay algunos agentes recicladores que han manifestado que el reciclaje de residuos de EPS puede no ser rentable [31]. Lo anterior lleva a pensar que en algunos casos es necesario la obtención de subsidios ya sea del gobierno o de los mismos fabricantes del material.

En Asia el EPS es el reciclado por medio de un proceso termo-mecánico compuesto por las etapas de segregación, reducción de volumen, peletización y extrusión y finalmente procesamiento para la producción de madera plástica para muebles de jardín y portarretratos y plástico reciclado para macetas, estuches de CDS y ganchos de ropa. En la Figura 12 se muestra las imágenes de algunos de los productos finales obtenidos con el reciclaje de EPS en Asia:



Figura 12. Productos finales del reciclado de EPS en Asia. Fuente: Página Web Oficial AMEPS [30].

6.2.2 Australia.

Australia es miembro oficial de AMEPS y de INEPSA desde 1994, es uno de los países ejemplo en cuanto a la gestión de los residuos de EPS. En el país se encuentra muy bien organizada la asociación nacional de la industria de EPS, Poliestireno Expandido Australia (EPSA) [32] la cual trabaja fuertemente por lograr una percepción positiva del poliestireno expandido señalando lo viable que puede ser el EPS tanto económicamente para las empresas como sostenible ambientalmente si se dispone de la manera correcta. Actualmente EPSA [32] cuenta con 23 miembros, distribuidos en 41 instalaciones a nivel nacional, entre los cuales se encuentran productores y recicladores del material.

Estadísticas y gestión de los residuos de EPS: Según estadísticas de los informes presentados por AMEPS [30] en Australia entre el 2009 y el 2011 se consumieron en promedio por año alrededor de 39.700 toneladas de EPS. En el 2009 fueron reciclados cerca de 3.000 toneladas según EPSA [32].

Australia posee el tercer mercado más grande de pescado del mundo, por lo cual miles de cajas de EPS al año son utilizadas para el mantenimiento de los productos de mar. Iniciativas como las de Sidney Fish Market (SFM) [33] son de gran importancia para la recuperación del EPS. SFM inicio un programa de reciclaje de Poliestireno Expandido desde diciembre del 2012, el objetivo del programa involucra la colaboración de todos los miembros de la cadena de mercado, es decir compradores mayoristas, minoristas y consumidores finales que se comprometen a depositar las cajas de pescado en los contenedores especiales dispuestos por SFM, estos contenedores poseen maquinaria integrada que termo-compacta el material para ser utilizado en otros procesos de reutilización, el cargo por utilizar los contenedores es completamente gratuito [33].

Con este programa conducido por SFM [33] solo hasta junio del 2014 se evitó el depósito de 109,6 toneladas de residuos de Poliestireno Expandido en vertederos, lo equivalente a 196.000 cajas de pescado que hubieran ocupado alrededor de 132 km de espacio de los rellenos sanitarios.

A continuación, en la Figura 13 se muestra el gráfico de recuperación de residuos de EPS mensual realizada por el programa de reciclaje de SFM. Las barras de color amarillo representan la cantidad de residuos de EPS en kilogramos recuperados por mes y procesados en la maquina termo-compactadora de SFM, la línea punteada representa el promedio recuperado, el cual equivale a 7,2 toneladas de material por mes.

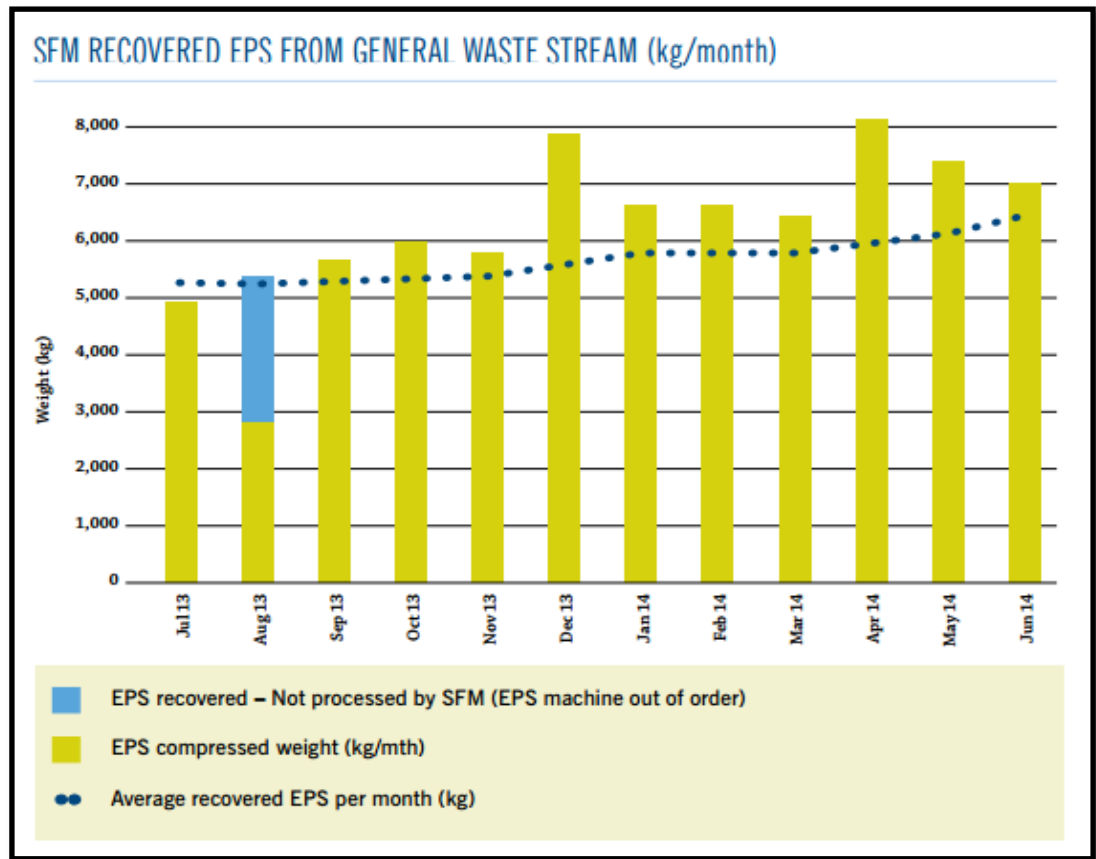


Figura 13. Estadísticas de residuos de EPS recuperados por SFM. Fuente: Sidney Fish Market Annual Report 2014 [33]

Este material compactado también es utilizado para la producción de madera plástica en portarretratos y plástico para ganchos y cubiertas de CDS.

6.2.3 Europa.

Países miembros: En Europa se encuentra la organización de Productores Europeos de Poliestireno Expandido (EUMEPS) [34], fundada en 1989 y compuesta por 10 países, entre los cuales figura: Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Países Bajos, Portugal, España, Suecia y Reino Unido, entre otros. Se muestran en la Figura 14 con el respectivo nombre de las asociaciones nacionales:



Figura 14. Países miembros de EUMEPS. Fuente: Pagina Web Oficial EUMEPS [34]

EUMEPS es uno de los mayores promotores del uso de EPS en el mundo, considerándolo como uno de los materiales más económicos y ambientalmente eficientes para el embalaje o empaque de alimentos y la construcción. Es pionero en investigación del material, conduciendo diferentes estudios para mejorar su impacto ambiental, entre los más importantes se encuentra el Análisis de ciclo de vida (LCA) [35] del Poliestireno Expandido, en donde se cuantifica el impacto ambiental del material durante todo su ciclo de vida, comparándolo con otros materiales para el embalaje como por ejemplo el cartón resistente al agua en términos de consumo total de energía, agotamiento de recursos no renovables, emisiones de gases efecto invernadero, acidificación del aire, eutrofización del agua y generación total de residuos. En la Figura 15 se muestran los resultados del estudio.

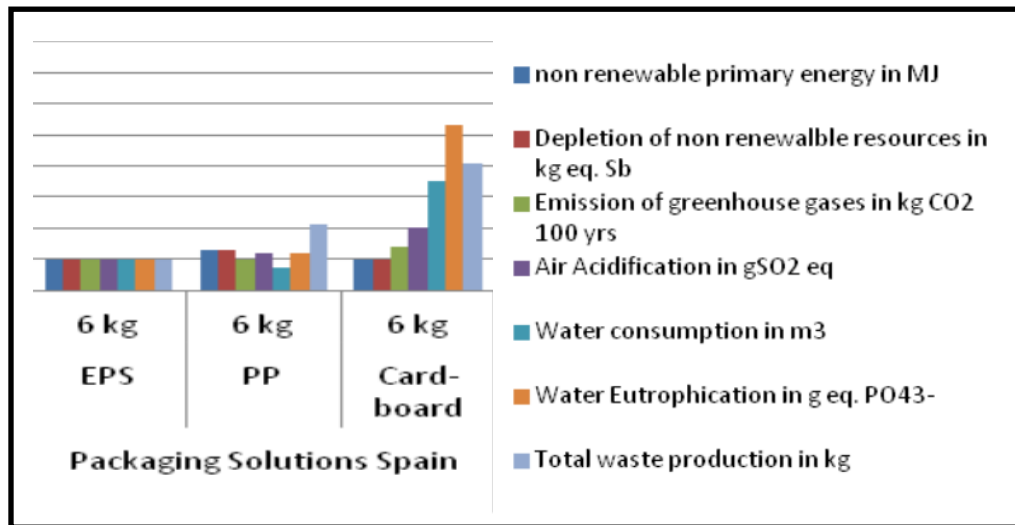


Figura 15. Resultados del Análisis del ciclo de vida del EPS. Fuente: EUMEPS EPS LCA [35]

La figura muestra el consumo empleado en la producción del embalaje para 6 kg de pescado fresco en España, el primer material es el EPS, el tercer material es el cartón, se puede observar que las emisiones gases efecto invernadero (color verde) son 50% mayores en la producción del cartón que del EPS, la acidificación del aire (color violeta) del cartón es el doble de la del EPS, el consumo de agua (azul oscuro) es aproximadamente 2 veces mayor para el cartón, la eutrofización del agua (naranja) en la producción de cartón es alrededor de 4 veces mayor que la del EPS y finalmente el cartón genera 3 veces más residuos que el EPS.

Lo anterior es otra prueba del por qué la prohibición de la utilización del EPS es complicada de ejecutar, ya que eliminar un problema en una parte de la cadena de suministro puede significar crear otro u otros en otras partes de la cadena si no se visualiza de manera sistémica.

Estadísticas y gestión de los residuos de EPS: Según las estadísticas [36] presentadas por EUMEPS en el 2013 se produjeron en Europa alrededor de 290.000 toneladas de Poliestireno Expandido (Conocido comercialmente como Airpop en Europa) y se importaron 45.000 toneladas para un consumo total de 350.000 toneladas, de las cuales una proporción de 67%, es decir 225.000 toneladas fueron reutilizadas.

En Europa los residuos de EPS pueden gestionarse mediante dos actividades: el reciclaje para la producción de madera plástica, ganchos y macetas con una proporción del 27% de la generación total de EPS proveniente de los sobrantes de las fábricas de embalaje y los residuos de consumidor final. O como aislante en la construcción de casas y apartamentos con el EPS proveniente del desecho de fábricas construido como laminas, lo cual representa una proporción del 40% de la generación total de residuos del material. Se ha determinado que la utilización de poliestireno expandido como aislante puede reducir hasta en un 50% la emisión de CO₂, ya que minimiza el uso de la calefacción. Además, la energía empleada para la producción del EPS usado como aislante puede ser recuperada en un aproximado de 6 meses [32].

6.2.4 Estados Unidos.

En Estados Unidos fue formada la Alianza de la Industria del EPS (EPS-IA) [37] en marzo del 2012 uniendo a más de 60 compañías de la industria del Poliestireno Expandido. Con los objetivos principales de lograr la sostenibilidad del material y la protección del medio ambiente, EPS –IA [37] creó una red propia para la recogida, el reprocesamiento y la reutilización del embalaje de espuma, además se unió la Fundación CarbonFund.org junto a la cual busca reducir con éxito las emisiones de carbono al tiempo que permite negocio funcione con efectivamente.

EPSA-IA además ha adelantada iniciativas como las convenciones y conferencias anuales de EPS-EXPO [38] y PTO (Producción, Tecnología y Operaciones del EPS) [39], las cuales reúnen a empresarios del Poliestireno Expandido de todo el país para la discusión de temas acerca de la productividad y sostenibilidad de la industria, así como alternativas para el cuidado del medio ambiente relacionadas con el material.

Sin embargo, Estados Unidos es uno de los países más polémicos en cuanto al uso del EPS. El material ha sido prohibido en más de 70 ciudades del territorio, entre las más recientes se encuentran Portland, Ore, San Francisco, Seattle y New York, el argumento de las administraciones locales para la prohibición ha sido básicamente que el material representa una amenaza para el medio ambiente, que no es reciclable y que puede causar efectos cancerígenos por el consumo humano [40].

De lo anterior hay varios aspectos confusos, primero la existencia de instalaciones que ejecutan la recolección, reprocesamiento y reciclaje efectivo del material, especialmente en varias ciudades de California cuando supuestamente no es reciclable. Además, los estudios llevados a cabo acerca del análisis del ciclo de vida del EPS en países como Australia, Estados Unidos y otros de Europa, que determinan su relación positiva con el medio ambiente, siempre y cuando este sea reciclado. Por otra parte, el estudio conducido para la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) [41] no ha determinado a ciencia exacta que el material sea una amenaza para la utilización humana, las conclusiones reales plantean que el EPS podría o no ser causante de efectos cancerígenos, para lo cual no se posee suficiente evidencia.

Estadísticas y gestión de los residuos de EPS: Según el Reporte de Estadísticas del Reciclaje de EPS [42] presentado por EPSA-IA en el 2013, en Estados Unidos se recicla EPS desde 1990, en el 2013 alcanzó la suma total de 127,3 millones de libras recicladas en el año, lo cual equivale a aproximadamente 57.742 toneladas. De las cuales el 57% corresponde a residuos post-consumo y el 43% a residuos industriales. En la Figura 16 se muestra la evolución del reciclaje de los residuos post-consumo de EPS desde 1990 hasta 2013.

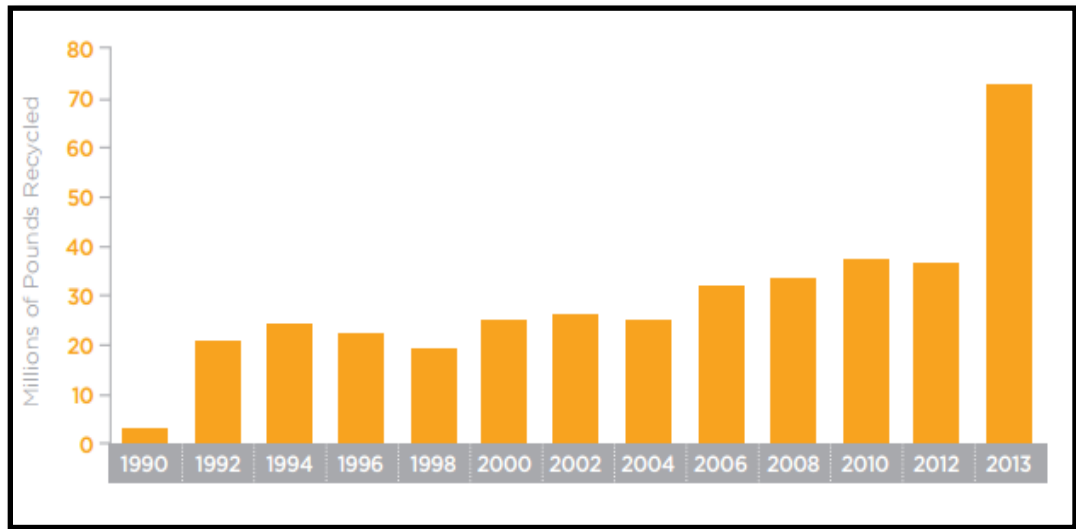


Figura 16. Reciclaje de residuos domésticos de EPS (1990-2013). Fuente: EPS Recycling Rate Report 2013 [42].

En la figura se presenta la cantidad de residuos post-consumo reciclados por año en millones de libras. Se puede observar que la mayor cantidad de material fue recuperada en el 2013 con más de 70 millones de libras de residuos de EPS reutilizadas en otros procesos productivos.

En Estados Unidos el EPS (Conocido comercialmente como Styrofoam) se recicla utilizando diferentes opciones de reutilización, por una parte, los residuos industriales son reincorporados al proceso para la producción de más material de Poliestireno Expandido que generalmente es utilizado en construcción. Por otra parte, los residuos post-consumo son utilizados para la fabricación de madera plástica para marcos de portarretratos y macetas.

Organizaciones como Walmart y Whirlpool han creado iniciativas exitosas para la recolección del material dentro de la organización, el cual es entregado posteriormente para lograr un reciclaje efectivo [42].

Una de las iniciativas que ha tenido un mayor impacto es la de Nova Chemicals de Monaca, Pensilvania. La empresa comenzó introduciendo un programa de reciclaje de EPS entre sus empleados, el cual fue tan efectivo que se unió a la Administración de Recursos de Pensilvania (PRC) para recolectar EPS en los eventos de la administración y reciclarlo de manera gratuita, logrando así recuperar alrededor de 994 metros cúbicos de volumen de EPS [42]

Entre otras de las empresas que reciclan EPS exitosamente se encuentran Burtee Waste Industries Inc de Fontana California la cual es una instalación de recupera-

ción de residuos que se encarga de recolectar, separar y densificar el EPS para venderlo en bloques como materia prima. Dart Container de Corona, California por su parte ha creado un programa de recolección, lavado y densificación del material para venderlo como materia prima. Finalmente, NEPCO de Pomona, California utiliza la materia prima suministrada por Dart Container y Burtee Waste entre otras empresas para crear por medio de un proceso mecánico marcos de portarretratos [43]

En Estados Unidos además han surgido alternativas de reutilización del material innovadoras, Nine Lives ha creado el pegamento Glu6 a base de EPS reciclado, por su parte el programa de surfistas Waste-to-Waves recicla EPS para la producción de tablas de surf. En la Figura 17 se muestran las imágenes de los productos resultantes del reciclaje del material.



Figura 17. Alternativas Innovadoras de reutilización de EPS. Fuente: EPS Recycling Rate Report 2013 [42]

6.2.5 Sur América.

En Sur América se encuentra la Asociación Suramericana de Poliestireno Expandido ASAPEX [44] con la participación de 3 países: Argentina con la Asociación Argentina del Poliestireno Expandido (AAPE) [45], Brasil con la Asociación Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX) [46] y Chile con la Asociación Chilena de Poliestireno Expandido (ACHIPEX).

Estadísticas y gestión de los residuos de EPS: En estos países pertenecientes a INEPSA aún no se ha implementado un sistema avanzado para la gestión del

EPS, en el momento no poseen estadísticas de recuperación y la información que comparten no es muy detallada.

En Argentina [45] desde hace años se emplea el reciclado de Poliestireno Expandido molido para la producción de hormigones livianos, con una capacidad de aislamiento térmica varias veces superior a la de los hormigones tradicionales.

En Brasil se generan alrededor de 15.000 toneladas de residuos de EPS al año, la mayoría de reciclaje se aplica para el área de la construcción en la producción de hormigón ligero [47].

6.3 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE EPS EN COLOMBIA

Así como ha aumentado en los últimos años el consumo del Poliestireno Expandido en Estados Unidos, parte de Europa y Japón, y finalmente en varios países latinoamericanos, en Colombia también ha habido un aumento significativo. Sin embargo, ante esta situación no existen estadísticas, ni tan siquiera mínimos esfuerzos por medir la cantidad de residuos de EPS que se generan en el país, ni desarrollo y aplicación de metodologías con las cuales se pueda aumentar la vida útil de este material.

Junca [48] presenta toda una revisión al respecto estableciendo que el problema principal del Icopor (como es conocido comercialmente en Colombia el EPS) es que no es rentable para los recicladores, y es por esto que finalmente es desechado como basura común. En Bogotá se encuentran registradas 1.500 bodegas recicladoras, de las cuales sólo 2 le compran Icopor a los recicladores, el cual finalmente es derretido y convertido en resina de poliestireno para uso industrial. Se estima que en éstas se recolecta aproximadamente 12.000 toneladas del material al mes.

Pese a dicha deficiencia de acciones medioambientales que busquen disminuir el creciente consumo de productos y su inadecuada eliminación, la preocupación por el medio ambiente de algunos ha llevado a la Fundación Verde Natura [1], única organización en Colombia creada en julio de 2010, a orientarse específicamente en la recuperación del Icopor al final de su vida útil, para reintroducirlo en la misma cadena de suministro o en una nueva.

Esta fundación no solo ha logrado una correcta eliminación del Icopor, sino que además por medio de una planta de procesamiento de este componente, construida en la ciudad de Bogotá, y con el lema “RECICLAMOS ICOPOR PARA UN MUNDO MEJOR”, está aportando al medio ambiente un proceso eficiente de reciclaje del Poliestireno Expandido –ICOPOR- (EPS) y Poliestireno Extruido (XPS),

que contribuye a minimizar el daño a la naturaleza, y aún más a evitar que se aglomere en los centros de acopio de los residuos sólidos urbanos. Verde Natura convierte los residuos de EPS reciclados en reglas ecológicas y postes de madera plástica para cercas, por medio de equipos y maquinaria diseñados y fabricados específicamente para ejecutar tales funciones, por tanto, no emiten gases contaminantes, ni algún otro desecho que degrade el medio ambiente [1].

El trabajo de la Fundación Verde Natura comienza por la recolección. Una vez que tienen en sus manos grandes cantidades de Icopor, lo clasifican y meten en bolsas para molerlo o triturarlo. Luego de que tenga menos volumen, comienza el proceso de eliminación mediante procesos térmicos y mecánicos. De esta fase se puede obtener material sano para usar el Icopor en nuevos productos o una resina para la elaboración de plásticos.

Germán Segura [49], director de Verdenatura, advierte que una de las raíces del problema que convierte el Poliestireno Expandido en un estorbo, es su volumen. “En Colombia somos los únicos que reciclamos, pues como ocupan mucho espacio nadie lo quiere recoger. Por esta razón, equivocadamente lo muelen y dicho material cae en los ríos y en el mar donde genera sedimentación. Incluso el reciclaje del Icopor resulta ser muy costoso por el tema logístico, y por el consumo de energía de las máquinas que usamos en la planta. Sin embargo, la Fundación Verde Natura lo hace con objetivos ambientales, para manejar el Icopor en forma adecuada, además con los dividendos compramos árboles”, explica el director.

La fundación ha logrado recuperar alrededor de 930 toneladas de residuos de Poliestireno Expandido, lo que equivale a la preservación de aproximadamente 14.880.000 m³ de espacio en rellenos sanitarios [49]. A continuación, en la Figura 18 se presentan éstas y otras estadísticas suministradas por el Director de Verde Natura German Segura, vía correo electrónico (*Ver Anexo 1: Presentación Fundación Verde Natura*):

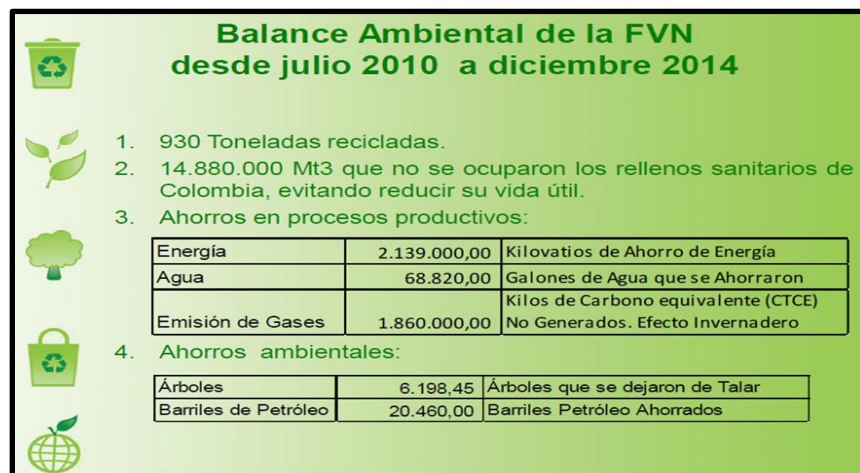


Figura 18. Estadísticas Fundación Verde Natura. Fuente: Presentación Fundación Verde Natura [49]

La conclusión principal teniendo en cuenta las opiniones de German Segura, y de Nohora Padilla, representante de los recicladores, es que el reciclaje de residuos de EPS es posible, pero es necesario realizar cambios estructurales en la legislación ambiental, que permitan establecer alianzas privadas y públicas para que su recuperación sea rentable. El más importante de ellos es que no se pueden seguir midiendo los desechos por kilogramos y en el relleno, por capacidad de volumen, pues si bien es cierto una tonelada de Icopor equivale a 100 toneladas en volumen de otros materiales, ocupando un excesivo espacio en los rellenos sanitarios. Es por esto que si se tuviera en cuenta lo cotidiano que es su uso (para proteger electrodomésticos, empacar alimentos o tomar tinto), se entendería el porqué de la importancia y la urgencia de reutilizarlo [48].

Una de las consultas realizadas durante la investigación actual se realizó con la empresa Ecomodulares de Bogotá, la cual se dedica al reciclaje de residuos post-industriales de polímeros para la producción de madera plástica. Al preguntarles acerca de su posición acerca del reciclaje de polímeros, en especial del EPS, su respuesta fue que para ellos no es muy rentable dicha recolección y que sin duda para que lo sea, es necesario iniciativas públicas y privadas, que permitan obtener apoyo del gobierno. La consulta fue realizada por una estudiante de Ingeniería Industrial, quien ha apoyado el proyecto, por medio de un mensaje en la página Facebook de Ecomodulares, el cual se anexa al final de la investigación actual. *(Ver Anexo 2: Conversación Ecomodulares)*

Es posible que la anterior sea una conclusión general en Colombia, pero como se ha visto anteriormente en otros países analizados, todos apuntan a que es necesario apoyo de la administración pública para impulsar la iniciativa del reciclaje de residuos de EPS.

7. ESTUDIO TÉCNICO PARA LA RECOLECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE RESIDUOS DE EPS

El estudio técnico se concibe como el núcleo del proyecto, ya que las demás partes constitutivas de éste giran en torno suyo. Es imprescindible saber si el proyecto es técnicamente factible y en qué forma se pondrá en funcionamiento, es decir, es necesario resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cómo y con qué tratar el Poliestireno Expandido, lo que permitirá analizar las diferentes opciones tecnológicas y elegir la más adecuada para producir los bienes o servicios que se requieren, y determinar los costos de inversión y de operación requeridos en cuanto a equipos, maquinaria, e instalaciones necesarias para el proyecto. A continuación, se presentan todos los aspectos del estudio técnico considerados pertinentes para el proyecto de investigación actual.

7.1 OFERTA Y DEMANDA

Debido a la deficiencia de investigación sobre los desechos de Poliestireno Expandido o EPS en la ciudad de Pereira, se carece de históricos, estadísticas, bases de datos u otras fuentes de información sobre la generación o recolección de este material al llegar al final de su vida útil. En dicha ciudad, los residuos generados, casi en su totalidad, son recogidos por entidades externas autorizadas y contratadas para realizar dicha labor, entre ellas se encuentra ATESA DE OCCIDENTE, ASEO PLUS, entre otros.

Sin embargo, es posible también identificar que existe un sistema poco convencional para la respectiva recogida de residuos, esto es que muchas personas denominadas “recicladores” recogen directamente los residuos, son ellos mismos quienes los separan y proceden a su venta, basándose principalmente en el peso del residuo. De este modo, el Poliestireno Expandido no les resulta atractivo y menos cuando está en grandes cantidades, como sucede con los residuos industriales, los cuales requieren mucho espacio para transportarlo, lo que no es compensado por las ganancias, ya que por su peso no resultan significativas, por tanto, se envían directamente a los rellenos sanitarios ocupando un valioso espacio y desaprovechando la vida útil del material.

Por estos motivos se hace muy lento e ineficiente el proceso de investigación acerca de la disposición final del EPS, no obstante, con ayuda de la Investigación Mercados [50] realizado por la estudiante de Ingeniería Industrial, Laura Contreras Osorio, en el año 2015, fue posible identificar algunas fuentes de residuos de Poliestireno Expandido en la ciudad, en dichos puntos se recolecta este material en

mayores cantidades. La descripción de las fuentes identificadas se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Fuentes generadoras de residuos de EPS. Fuente: Investigación de mercados 2015 [50]

| FUENTES | CARACTERÍSTICAS |
|------------------------|--|
| Parques Turísticos | Lugares recreativos donde los consumidores disfrutan de sus alimentos en empaques de EPS y depositan los residuos dentro del mismo lugar. |
| Unidades Residenciales | Conjuntos de viviendas que tienen un punto en común para depositar los residuos. |
| Centros Comerciales | Construcción conformada por una variedad de tiendas destinadas a la comercialización de diferentes productos y servicios, entre los cuales se encuentran alimentos servidos en recipientes de EPS. Estos son consumidos en el mismo lugar y sus envases o contenedores terminan en una basura común. |
| Empresas | Organizaciones en las que el EPS es un material utilizado en alguno de sus procesos y los residuos de éste son depositados en las instalaciones de la misma organización. |

Tomando en cuenta los resultados de la investigación de mercados, se puede afirmar que las cantidades de Poliestireno Expandido residual que se generan en la ciudad son lo suficientemente amplias como para generar un problema de contaminación, así que al implementar una solución con una mejor gestión del EPS al final de su vida útil, evidenciará la reducción del material en el relleno sanitario y se mostrará a la ciudad de Pereira, como un ejemplo para el país por sus buenas prácticas de desarrollo sostenible.

En general, los cuatro productos de Poliestireno Expandido que se producen o comercializan en la ciudad de Pereira son: contenedores de alimentos, embalaje, productos decorativos y materia prima para decoración. En la figura 19, se describen los porcentajes de uso encontrados.

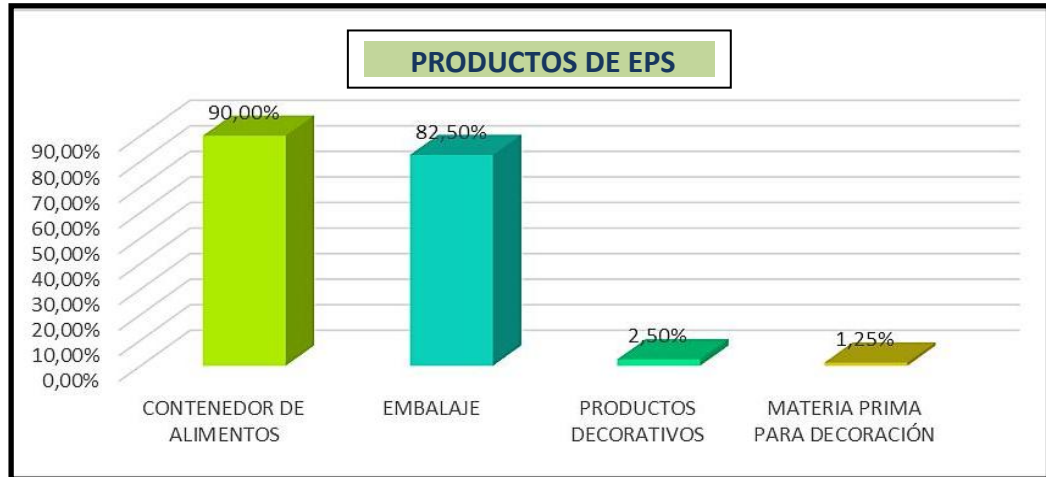


Figura 19. Productos de EPS en la ciudad de Pereira. Fuente: Investigación de mercados 2015 [50]

La información suministrada por los encargados de las fuentes generadoras de residuos de Poliestireno Expandido mencionadas en la tabla 5, permite determinar que a pesar de que en su mayoría se desconocen las cantidades exactas de productos de EPS que se adquieren en un mes, entre las entidades que si las conocen se podría llegar a recolectar más de 60.000 unidades de productos de EPS, y si a ello se le suma la cantidad que aproximadamente el 88,75% de la población desconoce, se concluye que sería una cifra que haría la diferencia para el relleno sanitario, para el ambiente y en general para todos los ciudadanos. La figura 21 ilustra gráficamente esta afirmación.

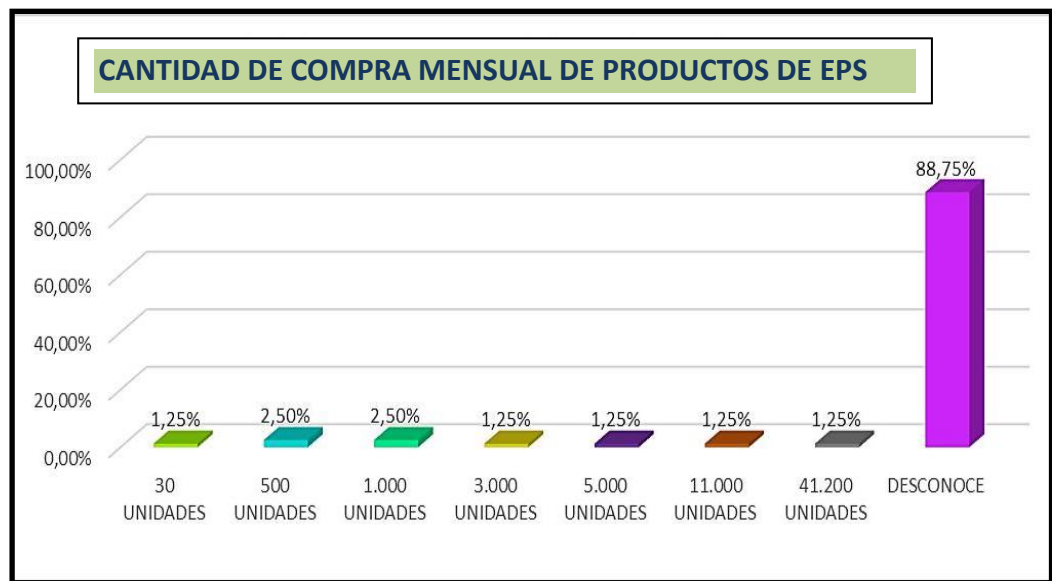


Figura 20. Cantidad de compra mensual de productos de EPS. Fuente: Investigación de mercados 2015 [50]

7.2. TAMAÑO DEL PROYECTO

Con el fin de determinar el tamaño del proyecto de recuperación de residuos de EPS, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la Investigación de Mercados y que el tamaño no puede responder exclusivamente a la situación actual sino que debe adecuarse al dinamismo de la demanda, se ha establecido que la alternativa más conveniente es plantear el montaje del proyecto por etapas o sea agregando nuevas unidades productoras a medida que se presente el crecimiento de la demanda, de esta manera no se tendría una elevada capacidad ociosa durante un largo período.

Por tanto, reiterando el desconocimiento de la demanda real de residuos de EPS en la ciudad de Pereira, se define un tamaño que contempla una capacidad de 40 a 100 Kg por hora, operando en una jornada de 8 horas al día, lo que equivale aproximadamente a 6400 kg y 16000 kg mensuales. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta alternativa considera ampliaciones posteriores, en la medida que el producto vaya teniendo una mayor aceptación en el mercado y que se disponga de los recursos financieros necesarios para inversiones adicionales.

7.3 LOCALIZACIÓN

A continuación, para determinar el sitio exacto en el cual se ubicará el proyecto, se describirán dos etapas que se deben cubrir:

- ✓ La selección de una zona general o macro localización.
- ✓ La selección de un sitio preciso o terreno particular dentro de la zona general o microlocalización definitiva.

7.3.1 Macrolocalización.

El centro de recolección y transformación de residuos de EPS, estará ubicado en:

País: Colombia

Departamento: Risaralda

Ciudad: Pereira

El Municipio de Pereira está localizado a 4 grados 49 minutos de latitud norte, 75 grados 42 minutos de longitud y 1.411 metros sobre el nivel del mar; en el centro de la región occidental del territorio colombiano, en un pequeño valle formado por la terminación de un contra fuerte que se desprende de la cordillera central, cono-

cido como el corazón del Triángulo de Oro, área que concentra el 76% del PIB Nacional y el 56% del total de la población. Su estratégica localización central dentro del Eje Cafetero, ecorregión que alberga 2,4 millones de habitantes y que constituye el área de influencia intermedia tanto en términos de consumo como de acceso a talento humano, lo ubica en el panorama económico nacional e internacional, estando unido vialmente con los tres centros urbanos más importantes del territorio nacional (Bogotá, Medellín y Cali) y con los medios tanto marítimos como aéreos de comunicación nacionales e internacionales, como el puerto marítimo Colombiano sobre el Océano Pacífico, Buenaventura y el Aeropuerto Internacional Matecaña. Además, su ubicación le permite ser una red de acceso para los departamentos de Caldas, Valle del Cauca y Quindío, con carreteras interdepartamentales como la "Autopista del Café", e importantes vías internas [51].

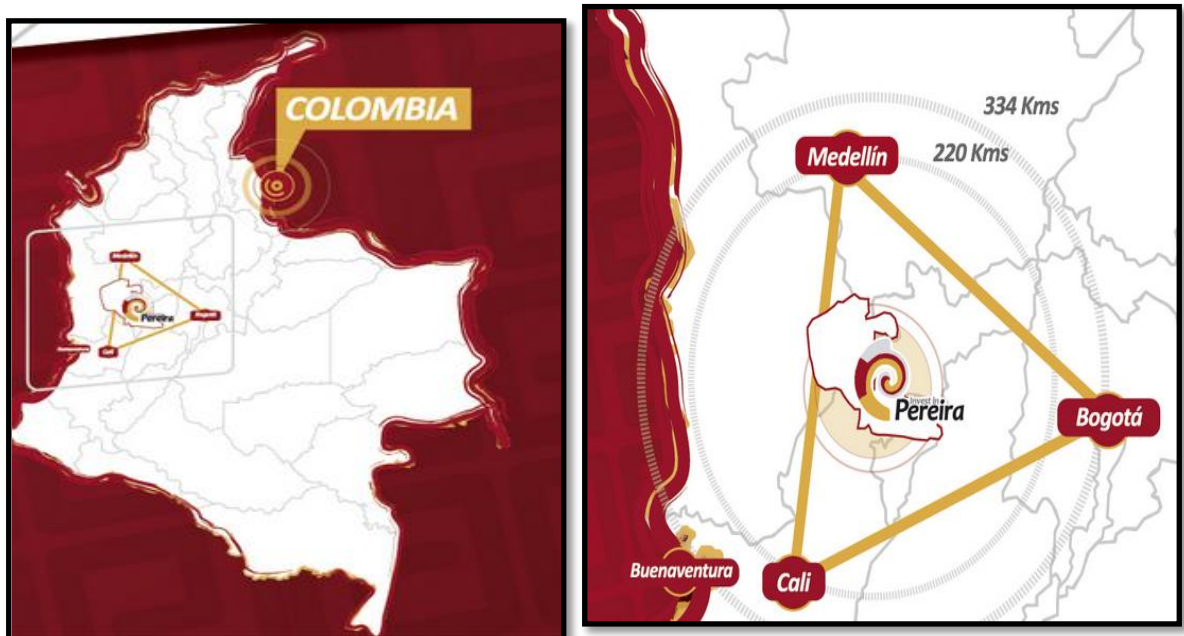


Figura 21. Ubicación geoestratégica de la ciudad de Pereira. **Fuente:** Invest in Pereira [51]

El Municipio está conformado por 19 comunas en la zona urbana y 12 corregimientos en el área rural. Con más de 745.279 habitantes en la zona urbana, incluyendo su moderna y legalmente establecida área metropolitana (Dosquebradas y La Virginia, que suman 207.000 habitantes), para un total de 952.279 ciudadanos aproximadamente, existiendo importantes niveles de concentración de población el sector sur occidental conocido popularmente como la Ciudadela Cuba, lugar donde reside aproximadamente el 30% de la población.

Como el primer centro urbano del eje cafetero y el segundo de la región paisa, Pereira es la séptima ciudad de Colombia en crecimiento industrial y económico. El municipio de Pereira cuenta con una economía diversificada en su estructura económica, el sector primario representa el 5.7% del producto interno, el sector secundario muestra un peso relativo de 26.2% en el municipio y el sector terciario es el más representativo con una magnitud de 68.1%. Para el 2015, el Producto Interno Bruto fue de 3,1%.

Su economía se ha incentivado gracias a la reconstrucción de la ciudad en el sector conocido como la antigua Galería, que fue destruido casi en su totalidad por el terremoto de Enero de 1999. Hoy en día, la ciudad agradece la reconstrucción de la zona y la creación de Ciudad Victoria en el mismo lugar.

La construcción pasa por un nuevo ciclo de expansión, el municipio ha ejecutado y ejecuta obras de envergadura en obras civiles que han dado una nueva apariencia a la ciudad, también las instalaciones y obras de redes de acueducto, gas, y telecomunicaciones, además de la conservación y nuevos desarrollos de su malla vial ubican a Pereira como un municipio competitivo frente a otras regiones del país.

Las actividades de tipo comercial y el sector servicios juegan un papel clave en la generación de valor agregado, beneficiando a la población de municipios cercanos, esto se debe a localización de empresas de servicios en su área urbana basado en su ubicación geográfica, del mismo modo, la zona rural es cercana a la capital que permite de manera fácil el flujo comercial de bienes y servicios.

La agricultura municipal es diversificada, tiene alrededor de 35 tipos de cultivo de los cuales el 70% corresponde a cultivos permanentes, el 8% son cultivos anuales y el 22% corresponden a los transitorios, pero a su vez la mayor concentración es en el café. Las actividades pecuarias vienen ganando importancia. La industria manufacturera se destaca en las actividades de confecciones, dadas a conocer por empresas muy importantes como Ingenio Risaralda, INCOCO, Two Life Jeans, Kosta Azul, Gino Pascalli, Arturo Calle, otras como D'Moda, Calzados NIVI, y empresas con presencia nacional como Frisby, La Lucerna, Ponkes, Sayonara, Productos la Niña, Maxticafe, Café Mariscal, Aluminios de Colombia, Audifarma, Busscar, Suzuki Colombia, AYCO Motos. A su vez hacen presencia multinacionales como Jumbo con un Hipermercado, y dos tiendas más pequeñas, en Unicentro y Dosquebradas, el Éxito con otro Hipermercado y cuatro más de esta firma en el Centro, en el municipio de Dosquebradas, en el sector de Cuba y en Parque Arboleda, Home Center, Hipermercado Alkosto, Hipermercado Makro [51].

En el año 2006 se inauguró el sistema de transporte masivo, compuesto por buses articulados y alimentadores, denominado Megabús, que sirve principalmente a los municipios de Pereira y Dosquebradas. Por ser una ciudad intermedia, las distancias son generalmente cortas, permitiendo transportarse de manera económica en taxis y transporte urbano (busetas).

En términos sociales, se evidencia una mejoría en las condiciones de pobreza de los hogares, mostrando para el año 2015 que el NBI (Necesidades básicas insatisfechas) se ubica en un 13%, significando que tal porcentaje de hogares aún permanecen en condiciones de vulnerabilidad, no obstante significa un salto cualitativo con respecto a los años anteriores y otras regiones del país, lo que evidencia esfuerzos por lograr incluir a más población en programas sociales, que mitiguen las condiciones de vulnerabilidad.

En Pereira actualmente no hay ninguna entidad o empresa que se dedique a la recuperación del Poliestireno Expandido fuera de uso, lo más cercano a esta gestión la realiza la empresa Icopores de Occidente S.A.S ubicada en zona industrial de Dosquebradas, municipio que se encuentra conectado a Pereira por diferentes vías, siendo la principal el Viaducto Cesar Gaviria Trujillo que posee una longitud total de 615 metros [52]. Icopores de Occidente S.A [53] tiene cobertura en ambas ciudades debido a su corta distancia, se dedica a la producción y comercialización de productos de Poliestireno Expandido y la misma se encarga de reutilizar los sobrantes generados por la producción realizando un proceso de molido y reincorporación del material al proceso de fabricación; sin embargo, como tal no existe ningún plan para el material desechado por consumidor final.

Por lo anterior el manejo que se le da al Poliestireno Expandido fuera de uso actualmente es de desecho y recolección como residuo ordinario u orgánico y por lo tanto su disposición final es el relleno sanitario. Según la Empresa de Aseo de Pereira [54], en la ciudad hay un solo relleno sanitario conocido con el nombre de la Glorita el cual recibe un promedio de 750 toneladas diarias, un total de 22 mil toneladas al mes, de las cuales el 50% proviene de Pereira y de municipios aledaños, y el resto proviene del norte del Valle del Cauca, Viterbo (Caldas) y, en ocasiones, de municipios del Quindío. De la totalidad del 50% de la capital risaraldense, el 40% corresponde a residuos sólidos ordinarios que es donde estaría clasificado el EPS.

La siguiente imagen corresponde al relleno sanitario La Glorita, según la publicación del periódico El Tiempo del 22 de mayo de 2016, al cual se le debe buscar un reemplazo porque solo le quedan 8 años de vida útil [55].



Figura 22. Relleno Sanitario La Glorita. Fuente: Publicación periódico El Tiempo [55]

El director encargado de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carter), Julio César Gómez, afirmó que “aunque Pereira cuenta con un relleno sanitario que es modelo para el país, La Glorita, no es hacia donde se debe mirar en este tema. Si hiciéramos solo reciclaje del 21 por ciento del plástico, al relleno (La Glorita) que tiene vida útil hasta el 2025, podríamos ampliarle la vida en 50 años, sin embargo, los resultados serían mucho mejores si se considera que el 100% de la basura se puede reutilizar [55]

Es así como se evidencia el interés de establecer el punto de acopio y transformación en la ciudad de Pereira, capital de Risaralda, en primer lugar por la ausencia de una entidad que dé una respuesta positiva a la problemática ambiental, y en segunda lugar por las características que tiene la ciudad que permiten favorecer el costo en los servicios públicos, arrendamiento y el tiempo del desplazamiento entre empresas y centro de acopio. Incluso esta estrategia presenta grandes ventajas, ya que el centro de recolección se pretende ubicar cerca de las vías principales de la ciudad, contribuyendo así con la facilidad de desplazamiento a otras ciudades del departamento en un mediano plazo.

7.3.2 Microlocalización.

Después de haber definido el área en la cual se va a localizar el proyecto, se procede a identificar y analizar varias alternativas de microlocalización, con el objetivo de seleccionar la mejor para ubicar el centro de recolección, teniendo en cuenta la incidencia y cuantificación de los siguientes factores locacionales:

1. Cercanía clientes
2. Disponibilidad de materia prima

3. Infraestructura y condiciones ambientales
4. Facilidad de vías y costos de transporte
5. Costo de arrendamiento
6. Costo de Servicios Públicos

Para la calificación y ponderación de las variables correspondiente a las tres alternativas, se hará uso del Método factores Ponderados [10] por medio del cual se asignan valores cuantitativos a los factores mencionados anteriores que tienen incidencia en la ubicación del proyecto. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- a) Se determina la importancia relativa que tiene cada factor para el proyecto y de acuerdo con esto se le asigna un peso expresado en porcentaje. La suma de los pesos de todos los factores debe ser igual a 100%, o lo que es lo mismo a uno (1).
- b) Se selecciona una escala común a todos los factores, en este caso se utilizará una escala de 0 a 100, donde 100 es la mayor calificación obtenida.
- c) Se toma cada factor y se analiza las ventajas y desventajas que presenta en cada una de las alternativas de localización, de acuerdo con esto se otorga una calificación para cada sitio acorde a la escala indicada.
- d) Se multiplica la calificación otorgada por el peso asignado, de esta manera se obtendrá la calificación ponderada para cada factor determinado, las cuales deben sumarse para cada sitio.
- e) Finalmente, se determina en orden de prioridades las diferentes alternativas de localización, teniendo en cuenta que el sitio a elegir será aquel que obtenga la máxima puntuación.

7.3.2.1 Alternativas de ubicación.

A continuación, se presentan las 3 alternativas de lugar de ubicación con algunas especificaciones:

SITIO A: Bodega de 2 pisos, 2 baños. Incluye zona de parqueo.

| SECTOR | ÁREA | COSTO ARRENDAMIENTO |
|------------------|--------------------|---------------------|
| Av. 30 de Agosto | 350 m ² | \$2.900.000 |



Figura 23. Características físicas alternativa A. Fuente: Bodegas en arriendo Fincaraíz Pereira. [Consultado el 15 de Junio de 2016].

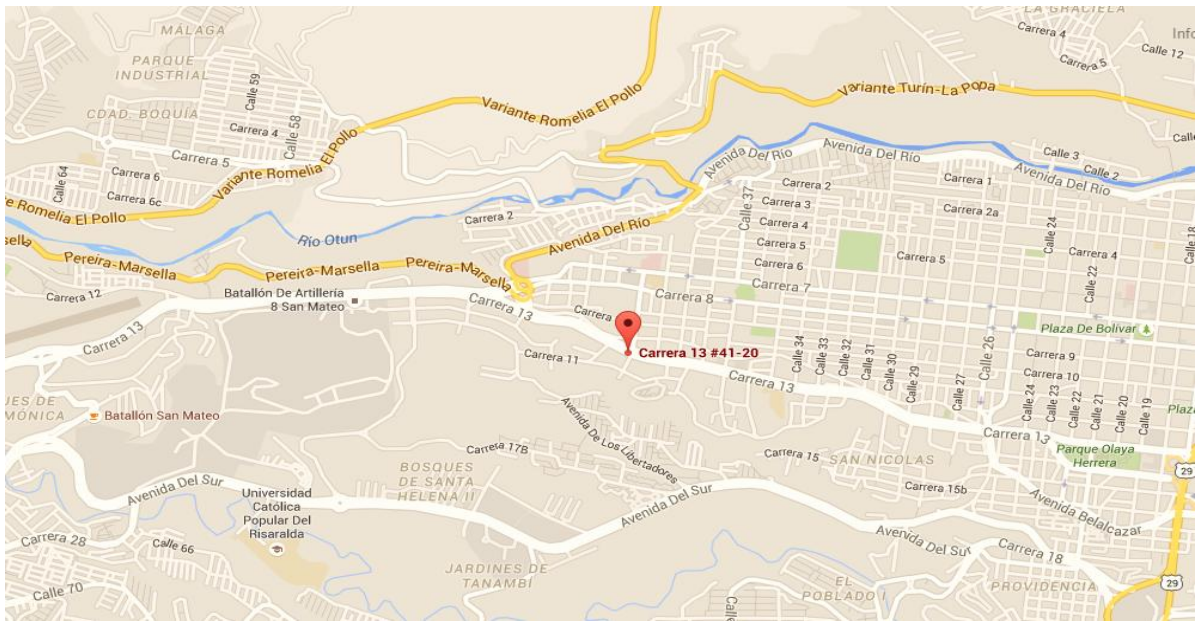


Figura 24. Mapa de ubicación alternativa A. Fuente: Google Maps.

SITIO B: Bodega de 1 sólo piso, con espacio para oficinas.

| SECTOR | ÁREA | COSTO ARRENDAMIENTO |
|--------|--------------------|---------------------|
| Centro | 275 m ² | \$2.800.000 |



Figura 25. Características físicas alternativa B. Fuente: Bodegas en arriendo Fincaraíz Pereira. [Consultado el 15 de Junio de 2016].

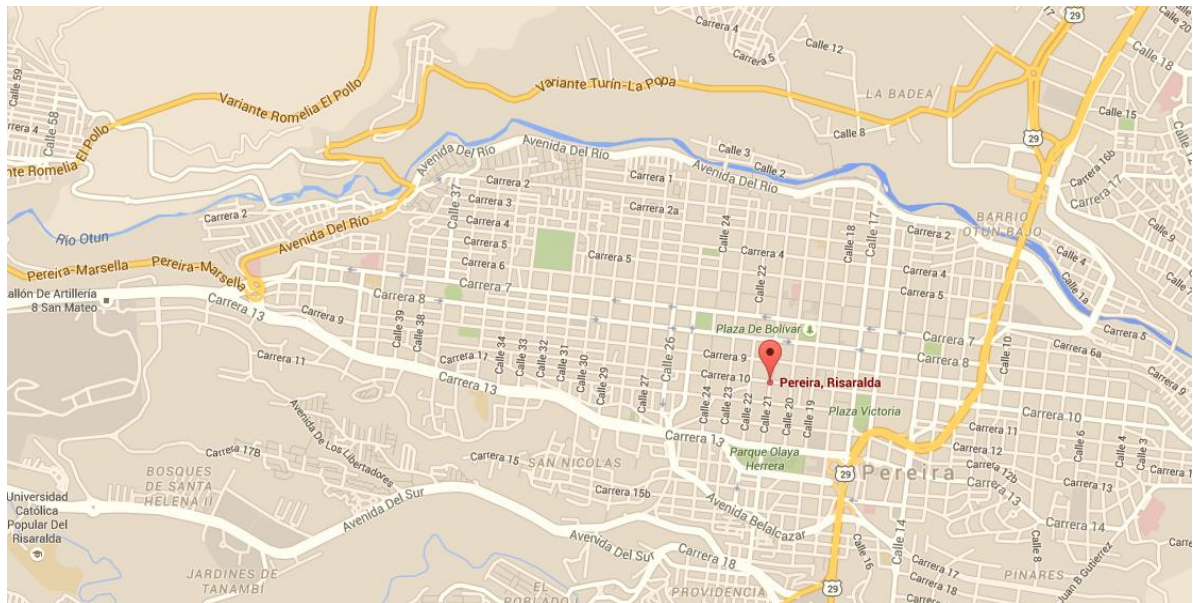


Figura 26. Mapa de ubicación alternativa B. Fuente: Google Maps

SITIO C: Bodega de dos pisos. **PRIMER NIVEL:** Bodega de doble altura de 130 m² con 2 baños. **SEGUNDO NIVEL:** Salón amplio de 120 m² con vivienda en la parte de atrás, consta de 3 oficinas, cocina, patio y 2 baños uno de ellos social.

| SECTOR | ÁREA | COSTO ARRENDAMIENTO |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| Circunvalar - Álamos | 320 m ² | \$2.500.000 |



Figura 27. Características físicas alternativa C. Fuente: Bodegas en arriendo Fincaraíz Pereira. [Consultado el 15 de Junio de 2016].

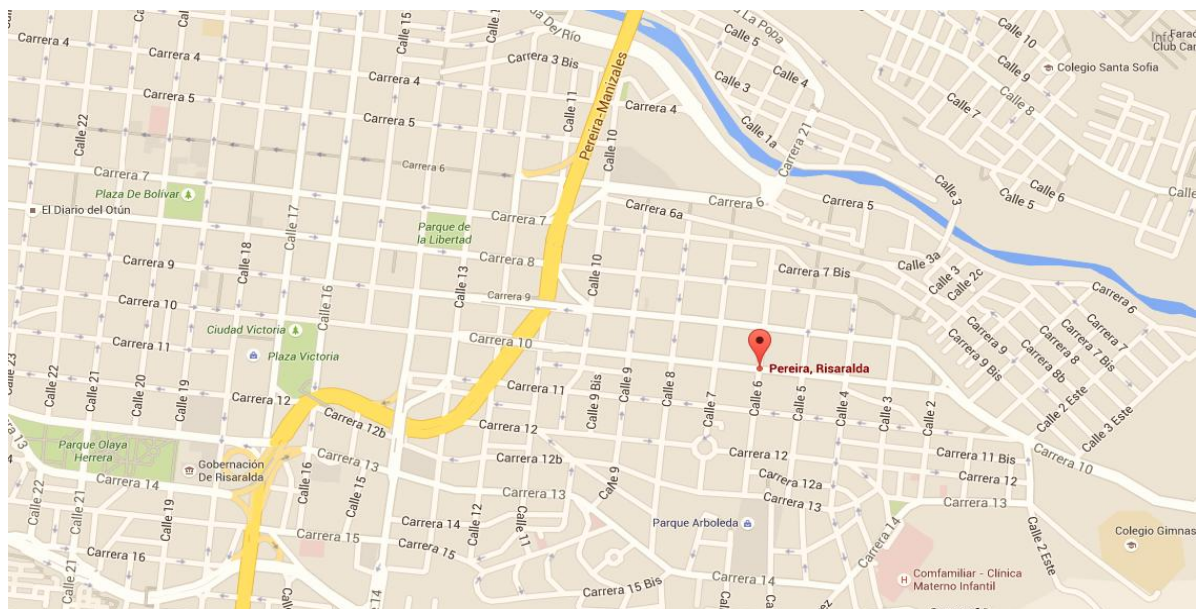


Figura 28. Mapa de ubicación alternativa C. Fuente: Google Maps

Teniendo en cuenta que la alternativa a elegir será aquella que obtenga la máxima puntuación, en la tabla 6, se muestra la manera en que se han evaluado las tres opciones, según el procedimiento indicado.

La alternativa elegida, es la denominada “Sitio B”, que corresponde a una bodega ubicada en la Carrera 10 N°21-53, Centro Pereira. Adicional a las variables de calificación mencionadas, que permitieron obtener la mayor ponderación en este sitio, se ha estudiado otro factor importante, y es la ausencia de competencia en el sector, lo que podría verse como una ventaja para la atracción de clientes y para entrar firmes en el mercado.

El sitio B elegido responde positivamente a los requerimientos de humedad y temperatura que se requieren, debido al tipo de material que será reciclado y transformado, ya que se necesita unas instalaciones en donde la humedad no pueda penetrar y la temperatura sea aproximada al ambiente. Además de una amplia zona para la ubicación de la planta y desarrollo del proceso productivo, se cuenta con un espacio pertinente para la ubicación de la parte administrativa y atención al cliente.

Por tanto, las características del lugar permiten satisfacer las necesidades iniciales de infraestructura para el proyecto, y las condiciones ambientales requeridas, y aunque no es la alternativa de mayor área, se considera que permitirá su ampliación en etapas futuras.

Tabla 6. Evaluación de alternativas. Fuente: Elaboración propia

| FACTORES LOCACIONALES | PESO | SITIO A | | SITIO B | | SITIO C | |
|---|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | | CALIFICACIÓN | PONDERACIÓN | CALIFICACIÓN | PONDERACIÓN | CALIFICACIÓN | PONDERACIÓN |
| Cercanía clientes | 0,20 | 40 | 8 | 80 | 16 | 55 | 11 |
| Disponibilidad de materia prima | 0,20 | 45 | 9 | 70 | 14 | 50 | 10 |
| Infraestructura y condiciones ambientales | 0,25 | 60 | 15 | 85 | 21,25 | 75 | 18,75 |
| Facilidad de vías y costos de transporte | 0,15 | 60 | 9 | 75 | 11,25 | 65 | 9,75 |
| Costo de arrendamiento | 0,1 | 35 | 3,5 | 55 | 5,5 | 40 | 4 |
| Costo de Servicios Públicos | 0,1 | 30 | 3 | 60 | 6 | 35 | 3,5 |
| TOTAL | 1 | | 47,5 | | 74 | | 57 |

NOTA: Los valores referentes al peso de cada factor fueron determinados a criterio propio.

7.4 TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

El reciclaje de Poliestireno Expandido se ha convertido en una de las mejores opciones para alargar la vida útil del material ya que dadas las condiciones de alto volumen y baja densidad que presenta, puede copar la capacidad de los rellenos sanitarios. Para ello se han desarrollado procesos que permiten su transformación, incluso solo física sin alterar su naturaleza, después de la recolección.

7.4.1 Alternativas de reutilización del EPS en el ámbito de Colombia.

En Colombia se han detectado algunas prácticas para tratar el EPS. A continuación, se describen tres alternativas tecnológicas para la reutilización de los residuos de EPS y se establece un análisis para determinar la posibilidad de aplicación en la ciudad de Pereira.

7.4.1.1 Proceso Mecánico y Termo-mecánico.

Este proceso básicamente consiste en someter el material a reciclar, a diferentes fases de transformación de forma, hasta obtener un producto final que pueda ser empleado como materia prima por las industrias de la transformación del plástico, condicionado a que cualquier producto nuevo que se obtenga a partir de este proceso no puede ser utilizado como embalaje o empaque de productos comestibles.

En este proceso no hay rompimiento de las macromoléculas, sino que se tiene como objetivo la reducción de tamaño mediante la aplicación de una serie de fuerzas o de calor para el cambio de forma del material residual.

Tanto el proceso mecánico como el termo-mecánico constan de las etapas que se explican a continuación [43]:

Transporte y recepción: Cualquier proceso de reciclaje en general comienza por la etapa de recuperación y recepción del material, para esto es necesario poseer los medios de transporte adecuados y las instalaciones bajo condiciones ideales para el almacenaje, y en donde se tenga la capacidad de almacenar grandes volúmenes de material.

Lavado y molienda: Los residuos de EPS por lo general están contaminados por restos de alimento o por suciedad de la basura. Es por esto que el siguiente paso es el lavado del material para eliminar la contaminación, el secado y la molienda del mismo. Es necesario moler los residuos de EPS para facilitar la siguiente etapa. Para esta etapa es necesario una máquina lavadora, secadora y molidora.

Densificación: Esta es la única etapa en la que varía el proceso mecánico del termo-mecánico. En el proceso mecánico la densificación se ejecuta mediante presión hidráulica, mientras que en el termo-mecánico se utiliza calor para reducir el volumen.

Pelletización: La pelletización consiste en triturar el material densificado para moldearlo con calor en líneas parecidas a espaguetis, las cuales posteriormente serán sumergidas en agua fría para solidificar su consistencia y finalmente ser cortadas para obtener pequeños cilindros de material, los cuales son la materia prima para cualquier proceso productivo que desee aplicarse. Para este paso es necesaria una máquina pelletizadora.

Extrusión: Finalmente los pellets son utilizados en el proceso de extrusión, en el cual mediante calor y elementos moldeadores se convierten en placas rígidas. Para este paso es necesaria una máquina de extrusión.

Con 8000 vasos de EPS se pueden obtener alrededor de 40 libras del material, esto implica que de cada vaso se pueden recuperar 2,3 gramos de EPS. Para la fabricación de un portarretratos por ejemplo de un área aproximada de 800 centímetros cuadrados y una profundidad de 1 centímetro son necesarios alrededor de 300 vasos, es decir aproximadamente 690 gramos de material.

Quintero [56], quien desarrolla un análisis detallado acerca de las diferentes alternativas de reciclaje de EPS en el país, concluye principalmente de su investigación es que la alternativa termo mecánica es una de las más viables para la implementación en el Colombia debido a que los procedimientos, maquinaria y sustancias utilizadas en el proceso son acordes al marco normativo y las características del país y además permiten obtener un material de mejor calidad.

7.4.1.2 Proceso Químico

En el proceso químico los residuos de EPS son mezclados con un solvente químico, liberando las moléculas de aire del material y disolviéndolo en una masa que puede ser utilizada como pegamento, o materia para crear figuras de plástico. El Poliestireno es un compuesto no polar, con lo cual se debe usar un solvente no polar para llegar a formar soluciones, dando buenas características y llegando a soluciones saturadas, para garantizar la solubilidad total del material.

El proceso químico se explica a continuación:

Transporte y recepción: Al igual que en el proceso anterior, se necesitan medios de transporte e instalaciones adecuadas, además de seguras para la manipulación de solventes.

Lavado: Los residuos contaminados deben ser lavados y secados.

Mezclado: El Poliestireno Expandido lavado y secado es picado o molido en pedazos para ser mezclado con un solvente o disolvente químico.

En Colombia, la venta de solventes como la acetona es controlada debido a su utilización en la producción de narcóticos, además es altamente voluble y puede ser muy peligrosa su manipulación.

Es por esto que en otras investigaciones realizadas fue encontrado un disolvente químico cuya venta es libre en el país ya que su peligrosidad es más baja. El D-limoneno [57] es una sustancia natural que se extrae de los cítricos, es la sustancia que les da el olor característico y tiene gran demanda como solvente biodegradable. Es utilizado para limpieza, control de olores, como desengrasante, entre otras aplicaciones.

Se ha determinado que aproximadamente 2 gramos de EPS pueden ser disueltos en 10 centímetros cúbicos de aceite de limón o D-limoneno para generar 8,7 centímetros cúbicos de pegamento.

7.4.1.3 Proceso de Recuperación Energética.

La recuperación energética es la obtención de energía, normalmente en forma de calor a partir de la combustión de los residuos. Este proceso, es una opción de gestión de los residuos muy adecuada para aquellos productos y materiales que por diversos motivos no pueden ser reciclados fácilmente. Para los residuos "sucios" como las cajas de pescado, la recuperación energética es una opción de gestión de residuos segura y adecuada con la que se puede obtener un beneficio medioambiental de los mismos a través del aprovechamiento de su energía intrínseca.

El Poliestireno Expandido, al igual que muchos plásticos, es un excelente combustible, posee un poder calorífico similar al del gas natural o al del fuel-oil, o dicho de otro modo, su valor energético es equivalente al de un aceite combustible (37,7 MJ/kg). Por esta razón, se pueden volver una valiosa fuente de energía, que puede ser utilizada en procesos industriales o en la producción de calor y electricidad, en sustitución de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural).

En este proceso, los residuos de EPS son quemados, pura y simplemente con el propósito de generar energía térmica. La combustión del EPS en instalaciones de recuperación energética no produce gases dañinos ya que las emisiones se controlan y filtran cuidadosamente. En las modernas plantas de combustión el EPS

libera la mayor parte de su contenido energético en forma de calor ayudando a la combustión de otros residuos y emitiendo únicamente dióxido de carbono, vapor de agua y trazas de cenizas no tóxicas. Es importante destacar que el EPS no contiene ningún gas de la familia de los clorofluorocarbonos (CFCs), ni ningún otro compuesto clorado [58].

La dificultad relacionada con esta alternativa es el elevado costo de las instalaciones, que obliga a encarar escalas mínimas de operación; necesariamente son emprendimientos de tipo municipal o regional.

7.4.2 Análisis de alternativas tecnológicas consideradas.

Mediante el método cualitativo por puntos se selecciona la tecnología más adecuada a implementar para la recuperación y reutilización de los residuos de Poliestireno Expandido. Este método por medio de la ponderación por puntos permite comparar e identificar cuantitativa y cualitativamente criterios de selección para tomar esta importante decisión:

El procedimiento para seleccionar la mejor alternativa tecnológica es:

a) Identificar las alternativas:

- Reciclaje mecánico
- Reciclaje químico
- Reciclaje energético

b) Listar los criterios a emplear en la toma de decisión

- Menor costo de implementación
- Bajo nivel de impacto ambiental.
- Facilidad de incorporación a nuevos materiales (reutilización)
- Adecuada disposición de equipos y maquinaria.
- Mayor capacidad de reciclado de residuos.
- Simplicidad en el mantenimiento de equipos.
- Tecnología con mayor vida útil

c) Asignar un peso, expresado en porcentaje, a cada uno de los criterios teniendo en cuenta el grado de importancia. La suma de los pesos de todos los criterios debe ser igual a (1). NOTA: Los valores referentes al peso de cada factor fueron determinados a criterio propio.

Tabla 7. Peso de los criterios. Fuente: Elaboración propia

| Criterios | Peso (%) |
|---|-----------------|
| 1. Menor costo de implementación. | 0,20 |
| 2. Bajo nivel de impacto ambiental. | 0,25 |
| 3. Facilidad de incorporación a nuevos materiales | 0,15 |
| 4. Adecuada disposición de equipos y maquinaria. | 0,10 |
| 5. Mayor capacidad de reciclado de residuos. | 0,15 |
| 6. Simplicidad en el mantenimiento de equipos. | 0,05 |
| 7. Tecnología con mayor vida útil | 0,10 |

- d) Establecer una escala de calificación para evaluar cada alternativa con el fin de analizar en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios, y finalmente obtener el total de calificación. Se considera una escala de 0 a 10, siendo 10 la máxima puntuación.

Tabla 8. Satisfacción de cada alternativa a nivel de cada criterio. Fuente: Elaboración propia.

| Criterios | Peso Ponderación (P) | Reciclaje Mecánico | P | Reciclaje Químico | P | Reciclaje Energético | P |
|--|-----------------------------|---------------------------|------------|--------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| 1. Menor costo de implementación. | 0,20 | 6 | 1,2 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| 2. Bajo nivel de impacto ambiental. | 0,25 | 8 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 |
| 3. Facilidad de incorporación a nuevos materiales. | 0,15 | 8 | 1,2 | 3 | 0,45 | 2 | 0,3 |
| 4. Adecuada disposición de equipos y maquinaria. | 0,10 | 7 | 0,7 | 8 | 0,8 | 5 | 0,5 |
| 5. Mayor capacidad de reciclado de residuos. | 0,15 | 9 | 1,35 | 4 | 0,6 | 5 | 0,75 |
| 6. Simplicidad en el mantenimiento de equipos. | 0,05 | 7 | 0,35 | 5 | 0,25 | 5 | 0,25 |
| 7. Tecnología con mayor vida útil | 0,10 | 6 | 0,6 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| TOTAL | 1 | | 7,4 | | 4,5 | | 4,2 |

7.4.3 Alternativa elegida para la recuperación de residuos de EPS en la ciudad de Pereira.

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el punto anterior, el proceso elegido para este proyecto es el termomecánico, sin embargo, en la presente investigación con motivo de facilitar el análisis de costos y teniendo en cuenta el mercado actual para el material reciclado, se considerará el proceso solo hasta la etapa de densificación.

Se considera que cuando el producto llegue al mercado, se podrá identificar el grado de aceptación por los consumidores o clientes. La acogida y las observaciones o reparos que éstos hagan servirán de retroalimentación al proyecto para justificar modificaciones en los insumos, en la transformación o en el diseño del producto, con el propósito de lograr una mejor adecuación a las necesidades de los clientes.

Las etapas básicas que contemplará el reciclaje termomecánico de Poliestireno Expandido son las siguientes:

- a. **Recolección y transporte de residuos de Poliestireno Expandido:** Este proceso de recogida en las fuentes generadoras se realizará tres veces por semana, dichos residuos serán transportados al punto de acopio.
- b. **Pesaje de residuos:** Es necesario que en el momento del descargue y recepción de los residuos, éstos sean pesados con el fin de determinar y tener control sobre la cantidad de insumos que ingresan a la planta de tratamiento.
- c. **Almacenamiento de materia prima y clasificación:** Luego de terminar el proceso de recepción de los residuos, éstos son conducidos al almacén, allí se inicia un proceso de clasificación que consiste en separar manualmente los residuos que deben ser lavados de los que ya se encuentran limpios, marcándolos según estado para su posterior procesamiento.
- d. **Limpieza y lavado:** Proceso consistente en tomar los residuos de EPS recuperados, revisarlos y eliminar cualquier sustancia o producto que puedan alterar drásticamente la calidad del material. El lavado de éstos se realiza de forma manual en un tanque con agua fría y detergentes, para eliminar impurezas como tierra, grasa, o cualquier otra impureza que se pueda eliminar por este medio. Posterior a este proceso se almacenarán bajo techo y a temperatura ambiente, con el fin de que sequen.
- e. **Trituración:** Manualmente se procede a picar en tamaños lo suficientemente pequeños para su fácil manipulación y para lograr mayores densida-

des del material a procesar. Este proceso de reducción de residuos de EPS implica sólo una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza.

- f. **Densificación:** En esta última etapa se reduce el volumen del material mediante calor. Dicha reducción elimina el aire del Poliestireno y deja solo la parte que es plástica, esto implica que el volumen de cada pieza sea reducido casi 40 veces, el cual es el mismo volumen en el que aumentan los pellets o perlas de Poliestireno cuando se produce el EPS por primera vez.
- g. **Enfriamiento de material densificado:** Posterior al proceso de reducción de volumen, el material se va ubica en la zona de enfriamiento, la cual permanece a temperatura ambiente.
- h. **Empaque:** El resultado o producto terminado se empaca en costales con capacidad de 25 Kg, de acuerdo a lo pactado con el cliente. El material obtenido puede ser usado en nuevos procesos productivos o en la producción de otros plásticos.

En la figura 29, se indica por medio de un diagrama de bloques el flujograma del proceso de recuperación y transformación de residuos de EPS.

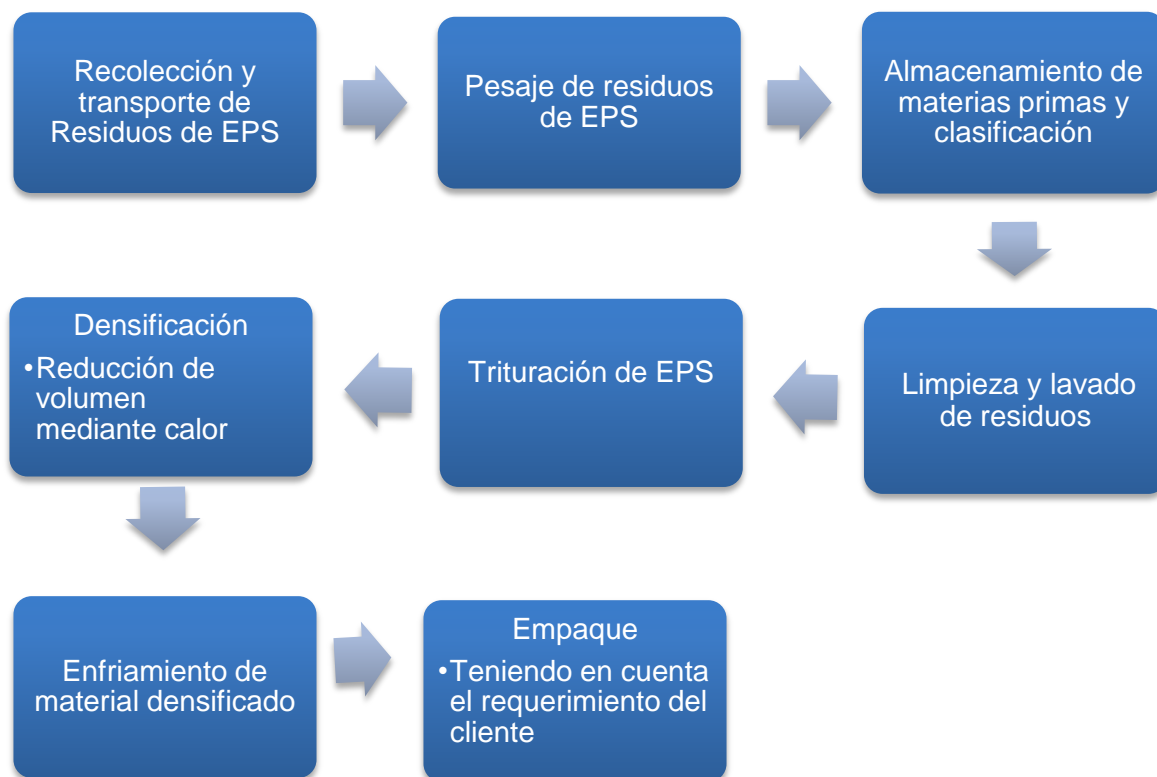


Figura 29. Diagrama del proceso de transformación de residuos de EPS. Fuente. Elaboración propia

7.4.4 Maquinaria

Como principio del punto de acopio y transformación de Poliestireno Expandido, es necesario escoger la maquinaria que cumpla con las características necesarias para realizar el proceso de recuperación del residuo.

Para esta importante decisión se ha tomado en cuenta la iniciativa sin ánimo de lucro de Verde Natura, que pretende expandir el mercado para el material termo-densificado trabajando en conjunto con Kibokha [59], empresa productora de máquinas recicladoras de EPS y XPS, quien pone a disposición de otras organizaciones y nuevos emprendedores las máquinas para la densificación de los residuos de EPS, cuyo material resultante es comprado por Kibokha o recibido por la Fundación Verde Natura como donación deducible de impuestos [49].

La tabla 9 describe las características de las máquinas recicladoras de EPS comercializadas por Kibokha, las cuales permitirán determinar la más indicada para realizar el proceso. Los tres modelos de máquina reducen el volumen del material hasta 92 veces mediante proceso termomécanico. (*Ver anexo 3: Cotización de Máquinas recicladoras de EPS*).

Tabla 9. Características máquinas recicladoras de EPS. Fuente: Cotización Kibokha.

| NOMBRE | DESCRIPCIÓN | CAPACIDAD | CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO | COSTO DE LA MÁQUINA |
|------------------------------|--|-------------------------|--|----------------------------|
| REPS1 con molino MEPS1 | Altura:220cm Ancho:150cm Largo:180 cm | 15 a 45 kg por hora | 4 kw/hora. Corriente trifásica a 220 | \$13.700.000 +IVA+flete |
| REPS 2X1 | Altura:170cm Ancho:150cm Largo:180 cm | 40 a 100 kg por hora | 3,5 kw hora. Corriente trifásica a 220 | \$15.600.000 +IVA+flete |
| REPS3 con molino MEPS3 | Altura:240cm Ancho: 250 cm Largo: 350 cm | 80 a 160 kg por hora | 20 kw hora. Corriente trifásica a 220 | \$29.800.000 +IVA+flete |

Teniendo en cuenta que los valores del costo de la máquina no incluyen IVA ni costos de transporte del equipo, los precios de las máquinas son calculados de la siguiente manera. La tabla 10 presenta dicha información.

Tabla 10. Costos de máquinas recicladoras. Fuente: Elaboración propia

| Máquina | Costo de la máquina | IVA (16%) | Valor del flete Bogotá – Pereira | Costo Total adquisición |
|---------|---------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------|
| REPS1 | \$ 13.700.000 | \$ 2.192.000 | \$ 4.000.000 | \$ 19.892.000 |
| REPS2X1 | \$ 15.600.000 | \$ 2.496.000 | \$ 1.500.000 | \$ 19.596.000 |
| REPS3 | \$ 29.800.000 | \$ 4.768.000 | \$ 4.000.000 | \$ 38.568.000 |

Nota: Los fletes son cotizados por la empresa de transporte Movitram Gruas S.A.S (Ver Anexo 4: Cotizaciones transporte de máquina)

Además de conocer el costo total de adquisición, se considera necesario hacer un análisis de rendimiento y consumo de dicha maquinaria, información que resulta valiosa para tomar la decisión. A continuación, la tabla 11 presenta el análisis de dicha consideración.

| Máquina | Producción hora máquina | Consumo kw/h | Valor kwh | Valor consumo de la máquina kwh | Producción kg/h | Valor consumo de energía por kg |
|---------|-------------------------|--------------|-----------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| RPES1 | \$ 13.700.000 | 4,00 | \$ 561,68 | \$ 2.247 | 30,00 | \$ 74,89 |
| REPS2X1 | \$ 15.600.000 | 3,50 | \$ 561,68 | \$ 1.966 | 70,00 | \$ 28,08 |
| REPS3 | \$ 29.800.000 | 20,00 | \$ 561,68 | \$ 11.234 | 120,00 | \$ 93,61 |

Nota: La tarifa de energía por kw/h corresponde a la establecida por la Empresa de Energía de Pereira para un estrato Medio Alto, el cual corresponde a la ubicación de las instalaciones del punto de acopio.

La producción por hora de cada máquina es tomada como el valor medio del rango de capacidad que puede ser observada en la tabla 9.

Según la información brindada en las tablas anteriores, se elige la máquina REPS 2X1, ya que además de ser la opción más económica, es la máquina que se ajusta a las necesidades iniciales del proyecto de reciclaje, incluso su valor de consumo de energía por kg es bastante bajo respecto a las otras dos alternativas.

Ante la compra de la máquina, la empresa Kibokha plantea dos vías para recuperar el 100% de la inversión, lo cual resulta ser una gran ventaja para el inicio del proyecto:

•**Primera vía:**

Vender el kilogramo de Poliestireno Expandido reciclado a Kibokha a un precio que puede oscilar entre \$100 a \$700 por kg según variaciones del mercado.

•**Segunda vía:**

Donar cada kilogramo de Poliestireno Expandido reciclado a la Fundación Verde Natura a un valor nominal de \$965 por kilogramo donado, valor que podrá ser deducido del impuesto anual de renta a pagar ante la DIAN. Además, por cada tonelada donada serán recibidas 500 reglas fabricadas del EPS reciclado con el diseño e información medioambiental de la empresa.

7.4.5 Transporte.

Se requiere de un vehículo que permita tanto la recogida de los residuos en cada fuente generadora y su desplazamiento al punto de recolección, así como el transporte adecuado del producto final hacia el cliente. En el mercado existen una gran variedad de opciones que pueden tenerse en cuenta a la hora de iniciar el proceso de selección de un vehículo, sin embargo, la diferencia se encuentra en las características que se definen como las más importantes de acuerdo a la necesidad.

Después de analizar la oferta del mercado en cuanto a vehículos de carga, y realizar una discriminación se llegó a una delimitación de solo cuatro vehículos que se observan en la figura 25.

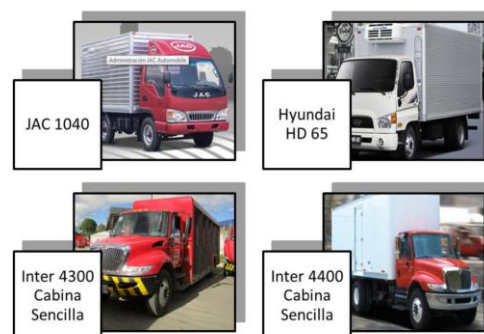


Figura 30. Vehículos de carga. Fuente: Web

Para cada uno de ellos se obtuvieron las especificaciones necesarias que permitieron llegar al vehículo indicado. La tabla 12 detalla dichas características de los vehículos.

Tabla 11. Especificaciones vehículos. Fuente: Elaboración propia.

| Especificaciones | V1 Hyundai HD 65 | V2: Inter 4300 Cabina Sencilla | V3: JAC 1040 | V4: Inter 4400 Cabina sencilla |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------|---|
| Tripulación- Personas | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Peso vacío-Kg | 2.300 | 5.102 | 2.600 | 5.869 |
| Capacidad de carga (Kg) | 4.200 | 10.432 | 2.770 | 16.329 |
| Peso bruto vehicular (Kg) | 6.500 | 15.875 | 5.370 | 21.772 |
| Tipo de combustible | ACPM | ACPM | ACPM | ACPM |
| Potencia (Hp/rpm) | 150-2500 | 210-2300 | 92-3600 | 310-2800 |
| Alto (mm) | 2250 | 2520 | - | - |
| Ancho (mm) | 2000 | 2590 | 2000 | - |
| Largo (mm) | 5970 | 9497 | 5740 | 9217 |
| Costo comercial vehículo + IVA | \$50.013.000 | \$175.400.380 | \$34.900.000 | \$214.000.000 |

Las características mencionadas en tabla anterior, principalmente las dimensiones y la capacidad de carga del vehículo, fueron los factores determinantes para elegir el vehículo **HYUNDAI HD 65**. Si bien en cuanto a costos no es el más económico, este vehículo presenta mayor favorabilidad en cuanto a las necesidades del proyecto.

7.4.6 Necesidades de mano de obra.

El personal requerido para el proceso de recuperación y tratamiento de residuos de EPS se describe a continuación.

Tabla 12. Necesidades de mano de obra. Fuente: Elaboración propia.

| ACTIVIDAD | CANTIDAD DE MANO DE OBRA |
|---|--------------------------|
| Transporte, recolección de residuos de EPS y entrega de producto terminado. | 1 |
| Recepción de la materia prima que ingresa a la planta y clasificación | 1 |
| Limpieza y lavado | 1 |
| Triturado y densificación, enfriamiento y empaque | 2 |

7.5 DISEÑO DE PLANTA

El propósito de la distribución en planta es asegurar las adecuadas condiciones de trabajo para permitir una operación eficiente del proyecto, teniendo en cuenta las normas de seguridad y el bienestar de los colaboradores.

Para lograr una distribución adecuada de la planta de tratamiento de residuos de Poliestireno Expandido se tendrán en cuenta los espacios físicos para las siguientes áreas:

- Cargue y descargue de productos terminados y materiales.
- Almacenes de materias primas y de productos terminados.
- Área de producción.
- Área de administración y oficinas
- Área de servicios sanitarios.

El diseño de estas áreas considera pasillos según se requiere para la circulación de personas, equipos o materiales, reducción de distancias y movimientos de los operarios, accesibilidad a todos los puntos para incluir, remover o darle mantenimiento a las máquinas con el mínimo de dificultad y riesgo posible.

El criterio de la distribución realizada corresponde a una distribución por procesos, que inicia desde el proceso de recepción material de Poliestireno Expandido y hasta el despacho de producto terminado a las empresas que lo usan para la ela-

boración de nuevos productos. Se han determinado secciones para realizar cada actividad, y el movimiento para pasar el material entre una y otra, lo que permite una mayor eficiencia en el proceso.

A continuación, las figuras 26 y 27 ilustra el bosquejo hecho de la planta, su diseño contempla futuros ajustes y modificaciones como consecuencia de mejoras y cambios en los procesos, sin que esto implique grandes gastos para la empresa. La bodega que fue elegida tiene un área de 275 m².

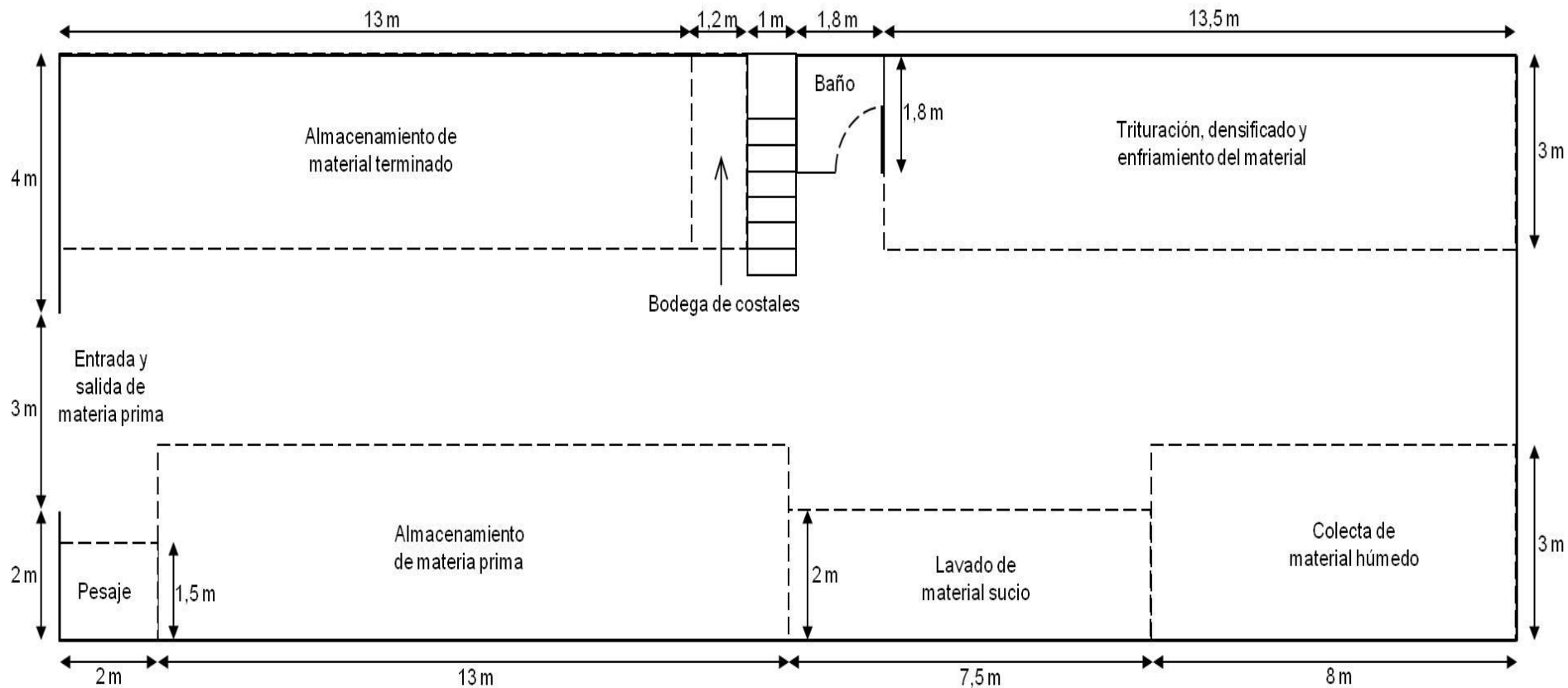


Figura 31. Diseño de planta. Fuente: Elaboración propia.

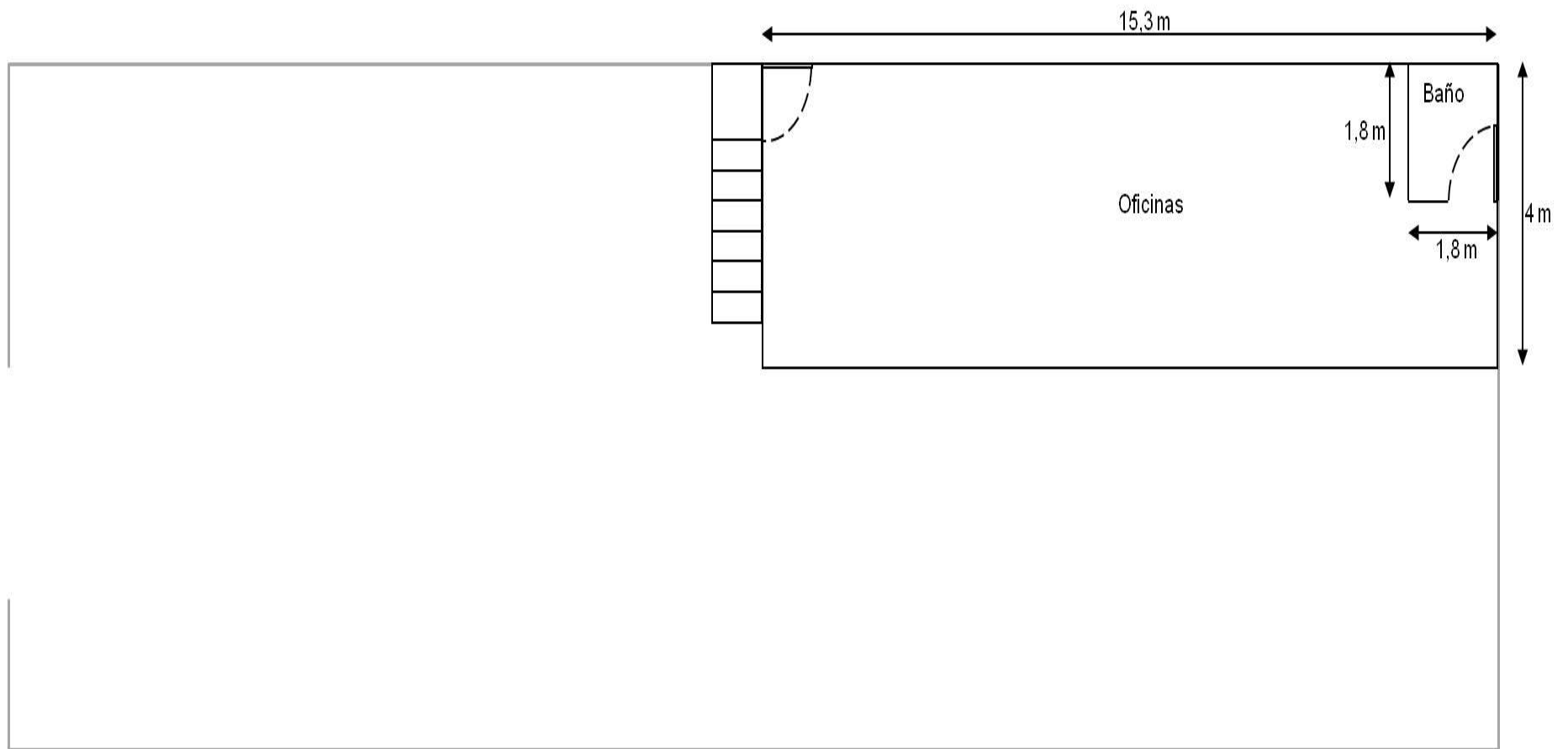


Figura 32. Área de oficinas. Fuente: Elaboración propia

7.6 INFORMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO E INVERSIÓN

7.6.1 Inversión Inicial.

Para el cálculo de la inversión inicial del proyecto estudiado actualmente, se tendrán en cuenta factores como el costo de la maquinaria, adecuaciones del local, el vehículo, y algunos muebles y enseres necesarios para iniciar operaciones. La pesa utilizada al momento de recibir el material en la planta será entregada como aporte en especie por el socio constituyente, de modo que no se toma en la inversión inicial.

Tabla 13. Inversión inicial. Fuente: Elaboración propia.

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|--------------------------------|---------------------|
| Maquinaria | \$19.596.000 |
| Vehículo | \$52.013.000 |
| Muebles y enseres | \$4.500.000 |
| Adecuaciones de la bodega | \$ 4.000.000 |
| Gastos legales de Constitución | \$ 600.000 |
| TOTAL | \$80.709.000 |

7.6.2 Estructura de costos y gastos.

Para determinar los costos del proyecto se tiene en cuenta factores como los salarios de personal, el mantenimiento y funcionamiento de la máquina, servicios públicos correspondientes a un estrato Medio-Alto, y el costo de arrendamiento, dichos costos se describen en la tabla 15. Los gastos mensuales que se detallan en la tabla 16, corresponden a conceptos que son necesarios para las operaciones del proyecto.

Tabla 14. Costos mensuales. Fuente: Elaboración propia.

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|--|---------------------|
| Arriendo bodega | \$ 2.800.000 |
| Salarios + Prestaciones sociales | \$7.000.000 |
| Servicios públicos (energía, teléfono e internet y agua) | \$300.000 |
| Publicidad | \$300.000 |
| Mantenimiento máquina | \$ 65.000 |
| Mantenimiento vehículo | \$ 97.000 |
| Combustible | \$200.000 |
| TOTAL | \$10.962.000 |

Tabla 15. Gastos mensuales. Fuente: Elaboración propia.

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|---|------------------|
| Servicio de Apoyo (Aseadora y vigilancia) | \$160.000 |
| Servicio de vigilancia electrónica | \$73000 |
| Implementos de oficina y papelería | \$ 85.000 |
| Implementos de aseo | \$ 55.000 |
| TOTAL | \$373.000 |

7.6.3 Punto de equilibrio.

Con el fin de determinar un punto de equilibrio, que permita responder eficientemente a las obligaciones de la empresa, se estima un precio promedio de \$ 2.100 por cada Kg de Poliestireno Expandido Reciclado, teniendo en cuenta que el producto obtenido cumplirá con los máximos requerimientos de calidad y que podrá ser usado eficientemente en nuevos procesos productivos.

Debido a que los costos y gastos son considerablemente altos se adoptan estrategias de ventas eficientes para que se garantice la viabilidad económica de la planta. Con este precio unitario, se establece el mínimo de ventas durante cada mes para llegar al punto de equilibrio. La información se describe en la tabla 17.

Tabla 16. Punto de equilibrio. Fuente: Elaboración propia.

| PERIODO | GASTOS TOTALES | PRECIO DE VENTA UNITARIO | APROXIMACIÓN CANTIDAD A VENDER MENSUAL (Kg) |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|--|
| MENSUAL | \$ 11.335.000 | \$ 2.100 | \$ 5.398 |

Se concluye entonces que se alcanza el punto de equilibrio al vender cada mes un promedio de 5398 Kg, lo que equivale a un total 64.776 Kg.

8. ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y JURÍDICO LEGAL.

El estudio administrativo tiene como propósito plantear las condiciones apropiadas para coordinar los esfuerzos, organizar los recursos y verificar el logro progresivo de los objetivos planteados tanto para la implementación como para la operación del proyecto. En esta etapa se hace necesario estudiar el marco jurídico que regula las actividades de la empresa, definir su constitución legal, diseñar una estructura organizacional, y describir los procedimientos y manuales que van a orientar el sistema administrativo y operativo. Este estudio es un aspecto de fundamental importancia en todo proyecto.

8.1 CULTURA ORGANIZACIONAL

8.1.1 Misión.

Ser una empresa rentable y socialmente responsable para beneficio de la sociedad y el medio ambiente, que garantice el desarrollo de alternativas eficientes de recuperación, tratamiento y valorización de residuos de Poliestireno Expandido, dando paso a un mejoramiento asegurado de las condiciones del medio ambiente, y a la generación de menores costos, más competitividad e innovación.

8.1.2 Visión.

Ser una empresa líder con cobertura a nivel nacional y a través del trabajo y esfuerzo de sus colaboradores, en la eficiente gestión y disposición de residuos de Poliestireno Expandido, contribuyendo al incremento de vida útil de los rellenos sanitarios y a la creación de una cultura de reciclaje y cuidado del medio ambiente.

8.1.3 Valores.

- ✓ Honestidad: El trabajar con transparencia, entusiasmo y colaboración serán la base de todas las relaciones a nivel interno y con los clientes y proveedores.

- ✓ Medio Ambiente. El compromiso de la empresa con su entorno se manifestará en sus actuaciones y en el modo de priorizar el componente ambiental en el desarrollo de sus actividades.
- ✓ Excelencia: Será la forma de trabajar para alcanzar el éxito.
- ✓ Liderazgo: La innovación y la anticipación permitirá que la empresa sea una referencia que marca tendencias a nivel empresarial.
- ✓ Cuidado de las personas: La integración y la igualdad de oportunidades.
- ✓ Entorno de trabajo Abierto, Diverso y de Mutuo Apoyo: Fomentar un ambiente de trabajo donde se valoran la diversidad de opiniones, con el fin de adoptar las mejores decisiones, y apoyarse mutuamente para alcanzar metas comunes.
- ✓ Rapidez: Trabajar teniendo en cuenta que la rapidez y la capacidad de respuesta son ventajas competitivas. Tomar decisiones rápidas y actuar conforme a dichas decisiones.
- ✓ Crecimiento Global: Perseguir el crecimiento de los beneficios de la empresa, estableciendo objetivos agresivos basados en oportunidades de mercado.

8.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Las actividades necesarias para la ejecución y operación del proyecto deben ser programadas, coordinadas, realizadas y controladas. Por esto se hace necesario diseñar una estructura organizacional que se encargue de asumir dichas tareas, su implementación tendrá repercusión en los costos operacionales del proyecto.

La siguiente estructura organizacional se realiza sobre la base de empezar una pequeña empresa con menos de 10 colaboradores, en donde inicialmente las áreas estratégicas serán como se describe en la figura 33:

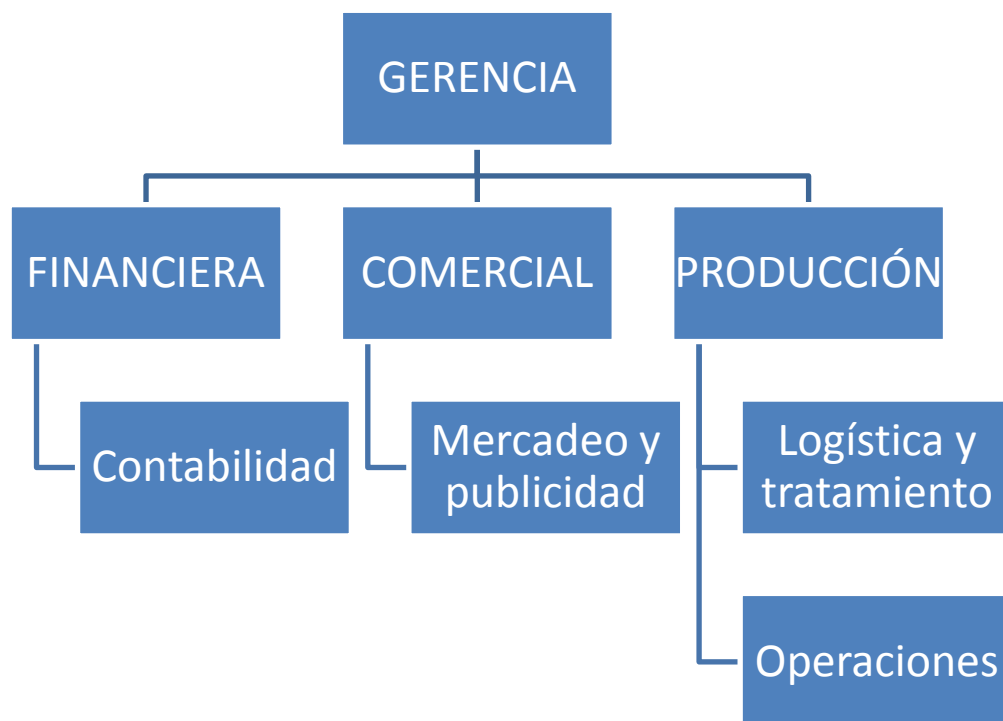


Figura 33. Organigrama de la empresa. Fuente: Elaboración propia

8.2.1 Descripción de departamentos.

- **GERENCIA:** Se basa en la planeación, organización, desarrollo y coordinación de actividades en todo lo relacionado con el proceso de gestión de residuos de EPS, así como también control de técnicas, capaces de promover el desempeño eficiente de toda la empresa. Tiene como objetivo alcanzar las metas mediante la coordinación de las personas pertenecientes a la organización, quienes están trabajando y dando el máximo de sí, con una actitud positiva y entusiasta.
- **FINANCIERA:** La función financiera es necesaria para que la empresa pueda operar con eficiencia y eficacia. Tiene como objetivo el manejo de los fondos con el fin de mantener la solvencia de la empresa, obteniendo los flujos de caja necesarios para satisfacer las obligaciones y adquirir los activos fijos y circulantes necesarios para lograr los objetivos de la empresa.
- **COMERCIAL:** El departamento comercial considerado como el más importante ya que de él depende los ingresos de la empresa incluye el conjunto

de actividades necesarias para hacer llegar al consumidor los bienes y servicios producidos por la empresa. El departamento a través del estudio de mercado, promoción y publicidad y las ventas, proporciona información que permite a la dirección de la empresa fijar su política y tomar decisiones sobre bases seguras, da a conocer el producto al cliente destacando el principal atributo que lo diferencia de su competencia, y organiza el proceso de ventas y la relación con los canales de distribución. Este último proceso es la función más importante de todas las que se realizan en el departamento comercial, ya que a través de la venta, la empresa logra ingresos (facturación). Todas las actividades de la empresa generan gastos y el objetivo de la empresa es compensarlos con los ingresos de las ventas.

- **PRODUCCIÓN:** Este departamento es quien finalmente dispone el producto para la venta final, aquí se solicita y controla el material que se va a trabajar, se determina la secuencia de las operaciones, las inspecciones y los métodos, se piden las herramientas, se asignan tiempos, se programa, se distribuye y se lleva el control del trabajo y se logra la satisfacción del cliente. El objetivo de la función de producción es elaborar un producto de calidad oportunamente y a menor costo posible, con una inversión mínima de capital y con un máximo de satisfacción de sus empleados.

8.2.2 Manual de funciones.

El siguiente manual de funciones está propuesto para poder dar lineamientos acerca de las funciones a realizar en cada departamento.

Tabla 17. Manual de funciones del gerente. Fuente: Elaboración propia.

| |
|--|
| Identificación del cargo: Gerente |
| Finalidad del cargo: Responsable del correcto funcionamiento del establecimiento. |
| Funciones: <ul style="list-style-type: none"> • Dirigir personal a cargo. • Representar el establecimiento. • Responder por bienes y equipos del local. • Participar en el establecimiento de las condiciones técnicas del producto en las negociaciones. • Realizar y diligenciar todos los documentos correspondientes al establecimiento. |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Supervisar la ejecución de las labores propias del local. • Analizar y evaluar conjuntamente con el área de producción el correcto desarrollo y la efectividad de los programas y proyectos generados para el manejo de residuos de EPS. • Controlar que los objetivos, planes y programas se cumplan en los plazos y condiciones establecidos. • Atender inquietudes por parte de los clientes. <p>Las demás que se consideren pertinentes al cargo.</p> |
| <p>Requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educación: Profesional en administración de empresas, ingeniería industrial o carreras afines. • Conocimientos: Relaciones públicas, manejo de herramientas computacionales, Logística Inversa. • Habilidades: Liderazgo, compromiso, trabajo en equipo. • Experiencia: Mínimo 1 año. |

Tabla 18. Manual de funciones del contador. Fuente: Elaboración propia.

| |
|--|
| <p>Identificación del cargo: Contador</p> |
| <p>Finalidad del cargo: Responsable de la información sobre el estado financiero y presupuestal de la empresa.</p> |
| <p>Funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llevar la contabilidad general de la empresa. • Recibir recaudo por concepto de ventas. • Manejar caja menor. • Realizar cuadro de cuentas de facturación. • Manejar presupuestos de ingresos, egresos e inversiones. • Revisar los registros contables y presupuestales. • Clarificar y organizar toda la información financiera y contable que se maneja en la empresa. • Codificar libros y documentos y realizar registros en el computador. • Expedir certificaciones y constancias. • Elaborar balance general y estados financieros anuales o cuando se |

| |
|--|
| <p>requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyectar acuerdo mensual de gastos. • Realizar comprobantes de contabilidad. • Elaborar balance mensual. • Elaborar nómina y planillas de pago a operarios. <p>Las demás que sean asignadas por gerencia.</p> |
| <p>Requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educación: Profesional de contaduría pública. • Conocimientos: Manejo de herramientas computacionales, normatividad actualizada. • Experiencia: 1 año desempeñando el cargo de auxiliar contable o contador. |

Tabla 19. Tabla 16. Manual de funciones del director comercial. Fuente: Elaboración propia.

| |
|--|
| <p>Identificación del cargo: Director comercial</p> |
| <p>Finalidad del cargo: Responsable de la coordinación eficiente del sistema comercial y el desarrollo de las actividades de marketing y de venta, encaminadas al cumplimiento de las metas establecidas por la empresa.</p> |
| <p>Funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir, proponer, coordinar las políticas de comercialización y servicio, orientadas al logro de una mayor y mejor posición en el mercado. • Definir los planes de mercadeo y venta de la Empresa. • Establecer ventajas competitivas donde se ofrezcan servicios de la empresa, procurando obtener las mejores participaciones en el mercado. • Representar a la Empresa en aspectos comerciales ante terceros. • Analizar continuamente el comportamiento de la demanda de los diferentes servicios que presta la empresa. • Estudiar las tendencias tecnológicas como soporte a nuevos mercados en los que pueda participar la Empresa y se garantice su liderazgo. • Coordinar publicidad, promoción, políticas de precios, desarrollo de productos y las actividades de relaciones públicas. • Seleccionar los medios de comunicaciones con bases objetivas tales como radio, televisión, periódicos, revistas, internet, entre otros. |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento a clientes antiguos y nuevos. <p>Las demás que se consideren pertinentes al cargo.</p> |
| <p>Requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educación: Profesional en Mercadeo y Publicidad o Ingeniería industrial • Conocimientos: Relaciones públicas, servicio al cliente, investigación de mercados, manejo de herramientas computacionales. • Experiencia: Mínimo 1 año. |

Tabla 20. Manual de funciones del director de producción. **Fuente:** Elaboración propia.

| |
|---|
| <p>Identificación del cargo: Director de Producción</p> |
| <p>Finalidad del cargo: Responsable del manejo del proceso productivo.</p> |
| <p>Funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prestar asistencia técnica para el correcto desarrollo de los programas y proyectos propuestos para el manejo de residuos de EPS. • Hacer seguimiento a las técnicas y todos los procedimientos empleados en la producción. • Coordinar actividades de operación, logística y mantenimiento. • Optimizar la mano de obra en el proceso productivo, y elaborar programas de producción. • Controlar los inventarios. • Garantizar la entrega de pedidos con puntualidad y calidad <p>Las demás que se consideren pertinentes al cargo.</p> |
| <p>Requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educación: Profesional en ingeniería industrial. • Conocimientos: Coordinación y control de procesos de reciclaje, programas de producción. • Experiencia: Mínimo 1 año. |

Tabla 21. Manual de funciones del director de producción. Fuente: Elaboración propia.

| |
|--|
| <p>Identificación del cargo: Operario</p> |
| <p>Finalidad del cargo: Responsable de la realización y cumplimiento de las etapas del proceso productivo.</p> |
| <p>Funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colaborar con las actividades que realiza la empresa. • Mantener en orden y aseo el espacio de trabajo. • Manejar adecuadamente la maquinaria a su cargo. • Velar por el mantenimiento y cuidado de los equipos y herramientas colocadas a su disposición para el eficaz desempeño de su función. • Entregar oportunamente las cantidades de producto solicitados por cada programa de producción. • Suministrar los elementos que le sean requeridos por el personal autorizado. • Velar por el cuidado y buen uso de las instalaciones de la empresa. • Desempeñarse con eficiencia mostrando en su quehacer sentido de pertenencia para con la empresa. • Mantener buenas relaciones interpersonales para con todos los miembros de la empresa. • Informar oportunamente sobre las anomalías que se presenten en el proceso productivo. • Cumplir con el horario establecido. <p>Las demás que se consideren pertinentes al cargo.</p> |
| <p>Requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educación: Técnico • Conocimientos: Manejo de maquinaria, procesos de reciclaje. • Experiencia: Mínimo 1 año. |

8.2.3 Contratación y salarios.

Como primera medida para el proceso de contratación se considerará como:

- ✓ *Estrategias de reclutamiento:* Para la incorporación de personal se utilizarán los métodos formales de reclutamiento utilizados en las áreas de Recursos Humanos: solicitud de personal, recepción de Hojas de vidas, selección, entrevista.
- ✓ *Jornada Laboral:* El personal contratado tendrá una jornada laboral de 8 horas diarias, las cuales se laboraran de lunes a viernes de 8AM A 12 PM y de 2PM A 6PM.
- ✓ *Contratos:* Con el gerente, director comercial y encargado de producción se pactará un contrato a término indefinido con cláusulas que permitan en algún momento cualquiera de las partes decida terminar con el contrato.

El contador y el encargado del transporte de residuos y producto terminado, se vincularán a la empresa por medio de contrato de prestación de servicios, ya que sus funciones no requieren de tiempo completo.

Los operarios de planta se contratarán por medio de una empresa de servicios temporales.

A continuación en la tabla 23 se presenta un la relación de salarios para el personal contratado, sin embargo, en dichos valores no está contemplado el pago de prestaciones sociales.

Tabla 22. Relación de salarios. Fuente: Elaboración propia.

| CARGO | SALARIO MENSUAL |
|--------------------------|-----------------|
| GERENTE | \$1.000.000 |
| CONTADOR | \$500.000 |
| DIRECTOR COMERCIAL | \$900.000 |
| SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN | \$900.000 |
| OPERARIO | \$689.455 |
| CONDUCTOR | \$350.000 |

8.2.4 Capacitación

Todas las personas que intervengan en la implementación del sistema de reutilización de Poliestireno Expandido recibirán capacitación con sobre las etapas del proceso de reciclaje, función y aplicación de Logística Inversa, y políticas de la empresa. Estas capacitaciones estarán dirigidas por el gerente y creador del proyecto, y se hará énfasis en los puntos críticos que llevarán al éxito del negocio tales como el servicio al cliente, satisfacción, cumplimiento, entre otras.

8.3 ASPECTOS LEGALES Y JURÍDICOS

8.3.1 Constitución y formalización.

Para este proceso se deben seguir cinco pasos fundamentales [60]:

I. Definición de la naturaleza jurídica.

La empresa aquí planteada será una Sociedad por Acciones Simplificada, que se denominará ECORTAR S.A.S. Este tipo de sociedad introducida por la Ley 1258 de 2008, permite a los emprendedores simplificar trámites y comenzar un proyecto con un bajo presupuesto, lo cual permite ahorrar tiempo y dinero.

Las características principales de este tipo de sociedad son las siguientes:

- ✓ Se pueden fijar libremente las reglas que van a regir el funcionamiento de la sociedad. Es posible, por ejemplo, contar con estatutos flexibles que se adapten a las condiciones y a los requerimientos de la empresa.
- ✓ Puede ser constituida por una o varias personas naturales o jurídicas, sin un límite máximo. Los accionistas limitan su responsabilidad hasta el monto de sus aportes.
- ✓ Las acciones pueden ser de distintas clases y series. Pueden ser acciones ordinarias, acciones con dividendo preferencial y sin derecho a voto, acciones con voto múltiple, acciones privilegiadas, acciones con dividendo fijo o acciones de pago. Es importante aclarar que las acciones de las SAS no pueden negociarse en bolsa.
- ✓ No se requiere establecer una duración determinada. La empresa reduce costos, ya que no tiene que hacer reformas estatutarias cada vez que el término de duración societaria esté próximo a caducar.

- ✓ El objeto social puede ser indeterminado. Las personas que vayan a contratar con la SAS, no tienen que consultar e interpretar detalladamente la lista de actividades que la conforman para ver si la entidad tienen la capacidad para desarrollar determinada transacción.
- ✓ El pago de capital puede diferirse hasta por dos años, sin que se exija el aporte de ningún monto específico de capital mínimo inicial. Esto da a los socios recursos para obtener el capital necesario para el pago de las acciones. La sociedad puede establecer libremente las condiciones en que se realice el pago.
- ✓ Por regla general no exige revisor fiscal. La SAS solo estará obligada a tener revisor fiscal cuando los activos brutos a 31 de diciembre del año inmediatamente anterior, sean o excedan el equivalente a (3.000) tres mil salarios mínimos.
- ✓ Mayor flexibilidad en la regulación de los derechos patrimoniales. Existe la posibilidad de pactar un mayor poder de voto en los estatutos sociales o de prohibir la negociación de acciones por un plazo de hasta 10 años.
- ✓ Mayor facilidad en la operación y administración. Los accionistas pueden renunciar a su derecho a ser convocados a una reunión de socios o reunirse por fuera del domicilio social. La SAS no estará obligada a tener junta directiva, salvo previsión estatutaria en contrario. Si no se estipula la creación de una junta directiva, la totalidad de las funciones de administración y representación legal le corresponderán al representante legal designado por la asamblea
- ✓ El trámite de liquidación es más ágil. No se requiere adelantar el trámite de aprobación de inventario ante la Superintendencia de Sociedades.

II. Especificaciones generales.

La creación de la SAS se crea mediante contrato o acto unilateral que conste en documento privado, salvo cuando los activos aportados a la sociedad comprendan bienes cuya transferencia requiera escritura pública. Este documento debe autenticarse por quienes participan en su suscripción e inscribirse en el Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Pereira, lugar en el que la sociedad ha establecido su domicilio principal. Los trámites requeridos se detallan más adelante.

Sin embargo, a continuación se detallan las especificaciones generales que se tendrán en cuenta a la hora de realizar y tramitar el documento privado de la sociedad:

- Nombre accionista constituyente de la sociedad: Juliana Flórez Bañol, dicha persona identificada con el documento de identidad No.1088007670, será designada como Representante Legal y Gerente de la empresa.
- Razón social o denominación de la sociedad: ECORTAR S.A.S
- Domicilio principal de la sociedad: Carrera 10 N°21-53 Pereira, Risaralda
- Objeto Social: La sociedad tendrá como objeto principal contribuir a nivel local y nacional con la recuperación y eficiente gestión de residuos de Poliestireno Expandido, con el fin de mejorar las condiciones del medio ambiente, generar menores costos, más competitividad e innovación, y fomentar una cultura de reciclaje.
- Duración: El término de duración será indefinido.
- Capital Autorizado: El capital autorizado de la sociedad es de 50.000.000.oo dividido en 25.000 acciones ordinarias de valor nominal de 2.000.oo cada una.
- Capital Suscrito: El capital suscrito inicial de la sociedad es de 15.000.000.oo, dividido en 7.500 acciones ordinarias de valor nominal de 2.000.oo cada una, pagadero en dos años.
- Capital Pagado: El capital pagado de la sociedad es de 15.000.000.oo dividido en 7.500 acciones ordinarias de valor nominal de \$ 2.000.oo cada una.
- Forma y Términos en que se pagará el capital. El monto de capital suscrito se pagará en adecuación e instalaciones físicas por un valor de 15.000.000 y 5.000.000 en equipo de cómputo e insumos de Oficina.

III. Gestiones comerciales y tributarias.

Se realizan ante notarias, la DIAN, y ante el Centro de Atención Empresarial (CAE) de la Cámara de Comercio, quien brinda información básica y servicios especializados para facilitar la creación de empresa.

Implica:

a) Acciones y trámites:

- Autenticar ante notaria el documento privado constitutivo de la sociedad, al igual que las firmas de las personas que suscriben dicho documento.

- Verificar en la cámara de comercio de Pereira que no existan un nombre o razón social igual o similar al establecimiento.
- Matricular e inscribir la sociedad en el Registro Mercantil de la Cámara de Comercio, para lo cual se debe diligenciar el Formulario del Registro Único Empresarial y Social RUES.
- Obtener el certificado de existencia y representación legal.
- Registrar los libros de contabilidad (mayor, inventarios y balances y actas).
- Pagar el impuesto departamental de registro.
- Renovar anualmente (antes del 31 de marzo de cada año) las matrículas mercantiles del establecimiento.

b) Inscripción ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)

Para registrar la empresa en el Registro Único Tributario (RUT) y obtener el Número de Identificación Tributaria (NIT) se requiere abrir una cuenta en un banco comercial. La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) exige el certificado de existencia de la cuenta bancaria para proceder con la formalización.

Una vez se obtenga la constancia de la titularidad de la cuenta bancaria, se debe formalizar la inscripción en la oficina de la DIAN, donde se obtiene el Certificado de Inscripción en el RUT.

A través del Registro Único Empresarial (RUE) y por medio de comunicación electrónica, la DIAN reporta a la Cámara de Comercio que el NIT ha sido formalizado. Es necesario dirigirse a la Cámara de Comercio para obtener los certificados originales correspondientes.

IV. Gestiones de funcionamiento, licencias especiales.

El Centro de Atención Empresarial (CAE) brinda asesoría en forma integral sobre las medidas de seguridad a tener en cuenta, tales como: Normas de Salud e Higiene, derechos de autor, impacto ambiental, medidas de seguridad y bomberos.

Implica:

- Consulta de cumplimiento de la norma de uso de suelo. Esta verificación será realizada por un asesor especializado, dependiendo de la actividad económica a desarrollar y de la ubicación del establecimiento de comercio o de la sociedad, quien expedirá un certificado donde expresa la conveniencia y legalidad de establecer este tipo de negocios en la zona escogida.

- Inscripción en el registro de industria y comercio, avisos y tableros, con la cual se obtiene un código interno para la liquidación y pago bimestral del Impuesto Municipal.
- Notificación de apertura del establecimiento de comercio a las secretarías de Planeación, Salud, Gobierno de la Alcaldía, y al Cuerpo de Bomberos quien expide un certificado donde consta que el local donde funcionará la empresa, reúne normas mínimas de seguridad que permita minimizar los riesgos en procura de proteger a los usuarios, visitantes y empleados, su vida e integridad física.
- Solicitud concepto sanitario por parte de la secretaria de salud, con el fin de verificar que las condiciones higiénico-sanitarias cumplan la normatividad vigente.

V. Gestiones de seguridad laboral, ARP, EPS, Pensiones y cesantías y programas de seguridad industrial.

Implica:

- Elaborar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, atendiendo los requerimientos del Decreto 1072 de 2015.
- Realizar la inscripción ante la administración de Riesgos Laborales (ARL), y la respectiva afiliación de los colaboradores.
- Afiliar a los colaboradores al sistema de seguridad social y de pensiones ante las entidades promotoras de salud (EPS), fondo de pensiones, fondos de cesantías y caja de compensación familiar. Para realizar dichas afiliaciones se debe tener en cuenta:

✓ AFILIACIÓN EPS:

Se debe afiliar a los colaboradores al Plan Obligatorio de Salud (POS) a través de una Entidad Promotora de Salud (EPS). Cada empleado tiene el derecho a escoger la EPS de su preferencia El proceso de afiliación de los empleados varía según la EPS y los antecedentes de los empleados.

El representante de la EPS visita las instalaciones de la empresa, obtiene la información necesaria y radica la afiliación ante la EPS. Los documentos requeridos son: copia de la cédula de ciudadanía de cada empleado, formulario de afiliación,

y copia del contrato laboral. Cuando el empleado tenga familiares se debe anexar una copia del registro civil de los hijos y cédula del cónyuge o compañero permanente.

✓ **AFILIACIÓN FONDO DE PENSIONES:**

Los colaboradores deben ser afiliados al sistema de pensiones, cada empleado tiene derecho a elegir entre un fondo público o privado. Una vez presentado el formulario correspondiente, la afiliación toma un día para quedar formalizada. Sin embargo, Un agente del fondo de pensiones elegido también puede desplazarse hasta la empresa y realiza el trámite de la afiliación.

✓ **AFILIACIÓN FONDO DE CESANTÍAS**

Cada empleado elige libremente el fondo de cesantías de su preferencia. El empresario presenta los documentos para esta afiliación, y debe depositar anualmente, cada 14 de febrero, el pago de cesantías de cada empleado.

9. CONCLUSIONES

La literatura presentada a lo largo del documento, permitió demostrar que la idea de que la aplicación de la logística inversa es una actividad que complica las labores de las organizaciones y que únicamente representa gastos u obligaciones es una visión errada y realmente poco estratégica. Para la ejecución de una gestión eficiente y efectiva de los productos de las organizaciones al terminar su vida útil, y por ende generar beneficios sustanciales al medio ambiente, la logística inversa resulta ser la herramienta más conveniente.

A pesar de la falta de estadísticas y de investigación respecto a la generación de residuos de Poliestireno Expandido en la ciudad de Pereira, se tuvo en cuenta la información brindada por la Investigación de Mercados, realizada por una estudiante de Ingeniería Industrial, la cual contempla como fuentes de residuos: Parques turísticos, unidades residenciales, centros comerciales y empresas que utilizan el material en sus procesos productivos.

Se determinó que las técnicas para la recuperación y aprovechamiento eficiente de residuos de Poliestireno Expandido no son muy complejas por lo que su aplicación resulta sencilla y de aporte ecológico importante, sin embargo, el proceso termomecánico resulta ser la mejor opción para reciclar el material, ya que permite obtener un producto limpio y sin ninguna modificación de sus propiedades.

Entre las tres alternativas sugeridas para localizar el centro de tratamiento, el sitio B ubicado en el centro de la ciudad de Pereira, cumple con las condiciones físicas y ambientales necesarias para la ejecución del proyecto, además responde a necesidades de menores costos de transporte, arrendamiento y servicios públicos.

El bosquejo de la planta obtenido constituye la base para hacer un diseño de detalle de una planta para una capacidad de producción definida pero conservando flexibilidad en la producción, y respondiendo siempre a las necesidades.

Se determinó que el proyecto de tratamiento de residuos de EPS es factible técnicamente, ya que fue posible estimar los requerimientos tecnológicos, materiales y físicos tanto para la puesta en marcha, como para el estado de operación del proyecto. Se pretende que a medida que el proyecto vaya teniendo una mayor aceptación en el mercado y que se disponga de recursos financieros adicionales, ejecutar ampliaciones posteriores.

Entre las organizaciones que demuestren su interés por este proyecto se encuentran la CARDER, cuyo objetivo es administrar el medio ambiente y los recursos naturales renovables en el Departamento de Risaralda, y se ha interesado en los alcances que puedan lograrse en la ciudad. El Centro Recreativo y Vacacional Comfamiliar Risaralda, es otra institución que le apuesta al aporte de conocimiento

teórico y práctico que pueda generarse con el desarrollo de esta investigación. El acompañamiento de estas entidades en cuanto a conceptos, información y apoyo financiero enriquecerían aún más el proyecto ya que las cifras tendrían mayor exactitud, se podría dar pie a ideas o recomendaciones que no se tenían contempladas inicialmente, y se realizarían inversiones de gran importancia.

El estudio administrativo y legal realizado brindó información clara todos los procedimientos que deben llevarse a cabo a la hora de crear una empresa, lo que permitió tomar la decisión de constituir una empresa SAS, conocida como ECORTAR S.A.S. Además se pudo determinar las necesidades de mano de obra, las especificaciones de cada cargo y la experiencia técnica requerida para diseñar, implementar, operar y mantener el sistema propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fundación Verde Natura (Sin fecha). Quiénes somos. [Consultado el 22 de noviembre de 2015]. Recuperado de (http://www.fundacionverdenatura.org/Quienes_Somos.html).
- [2] Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de ambiente, y desarrollo sostenible. ISBN 958-97785-2-6. 2008. http://www.minambiente.gov.co/documentos/politica_gestion_ambiental.PDF
- [3] BBC News Magazine. (2015, Julio 1). Why New York banned polystyrene foam. New York, Estados Unidos. [Consultado en 1 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.bbc.com/news/magazine-33334994>).
- [4] INEPSA (2012-2015). EPS Recycling International. [Consultado en 9 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://epsrecycling.org/eps-recycling>).
- [5] Rubio Lacoba, S. (2003). El sistema de logística inversa en la empresa: análisis y aplicaciones [en línea]. Tesis doctoral en ingenierías industriales. España: Universidad de Extremadura, Departamento de Economía Aplicada Badajoz, 289 p. Disponible en internet: <<http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/305.pdf>>
- [6] Fleischmann, J. Bloemhof-ruwaard, R. Dekker, E. Van Der Laan, Van Nunen, Jo A.E.E, L. Van Wassenhove. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. Erasmus University Rotterdam. The Netherlands. European Journal of Operational Research 103. pp. 1-17.
- [7] Flórez Calderón, L.A., Toro Ocampo, E.M., (2012). Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica. Revista Ciencia e ingeniería neogranadina, vol 22-2, pp 153 - 177,
- [8] Ortega, M. (2008). Utilización de métodos cuantitativos para el análisis de problemas de localización en logística inversa. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 276 p.
- [9] Krajewski, L. J. (2000). Administración de operaciones: Estrategia y análisis. Mexico, 369 p.
- [10] Castillo Sánchez, M. (2008). Guía para la Formulación de Proyectos de Investigación. Cooperativa Editorial Magisterio, Primera Edición. Bogotá. ISBN: 958-20-0766-4.

- [11] Ortiz, J.; Gracia, M. (2014). Logística inversa: Prácticas actuales, tendencias futuras y oportunidades de investigación. Facultad de Ingeniería, Grupo Disciplinar en Productividad y Optimización. México. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- [12] Morales B. (Sin fecha). La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento. Revista de logística. LEGIS. Colombia. [Consultado en 25 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.revistadelogistica.com/La-logistica-reversa-o-inversa.asp>).
- [13] Cely Torres, Andrea. (2013). Importancia de la logística inversa para un desarrollo sostenible en Colombia. Revista La Salle. Disponible en: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/gs/article/viewFile/2840/2382>.
- [14] Vellojín, L.; Meza, J.; Amaya, R. (2008). “Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones”, en: Ingeniería y Desarrollo, 20 (1), 184-202.
- [15] Gómez M., Rodrigo A.; Correa E., Alexander A. y Vásquez H., Laura S. (2012). Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial. Bogotá, Criterio Libre, Vol. 10, No.16, pp.143-158 ISSN 1900-0642.
- [16] Cabeza, Domingo. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. Marge Books, 1º Edición. Valencia. ISBN: 978-84-15340-58-4.
- [17] Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2003). Resolución 1045 de 2003 (Septiembre 26). Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones [en línea]. Bogotá D.C. Disponible en Internet: <www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9998>
- [18] Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Dirección de desarrollo sectorial sostenible. ISBN 958-97785-2-6. 2005. http://www.minambiente.gov.co/documentos/politica_gestion_ambiental.PDF
- [19] Documento CONPES 2750 Políticas sobre manejo de residuos sólidos. Ministerio de Medio Ambiente, Departamento de Planeación Nacional.
- [20] Lambert, Douglas M.; Stock, James R.; Ellram, Lisa M. (1998). Fundamentos de logística. McGraw-Hill Publishing Co.; International Edition ISBN 0-07-115752-2, 626 p
- [21] HEVIA, L. F. URQUIAGA R.A. Diseño de un procedimiento general de Logística Reversa para la gestión de los residuos. La Habana (CUBA).

- [22] Bloemhof-Ruwaard J. M., Van Beek P., Hordijk L. and Van Wassenhove L. N. (1995). Interactions between operational research and environmental management. In: European Journal of Operational Research, Vol. 85, pp. 229-243.
- [23] Kroon, Leo.; Gaby Vrijens, Gaby. (1995) "Returnable containers: an example of reverse logistics", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 25 No.2, pp.56 – 68
- [24] Krikke, H. R., Kooki, E. J. y Schuur, P. C. (1999). "Network design in reverse logistics: A quantitative model". New Trends in Distribution Logistics. Lectures in Economics and Mathematical Systems, 480. Springer-Verlag. 45-61.
- [25] Spengler, H. Piichert, T. Penkuhn, O. Rentz. (1997). Environmental integrated production and recycling management. Institute for Industrial Production (IIP). University of Karlsruhe, Germany. European Journal of Operational Research 97. pp. 308-326.
- [26] Barros A., Dekker R., Scholten V. (1998). A two-level network for recycling sand: A case study. Erasmus University Rotterdam, Rotterdam. The Netherlands. European Journal of Operational Research 110. pp. 199-214.
- [27] Fleischmann Moritz. (2001). Reverse logistics network structures and design. Erasmus Research Institute of Management (ERIM). University Rotterdam. 21 p.
- [28] ANAPE (2015). El Poliestireno Expandido y el medio ambiente. Madrid, España. [Consultado en 30 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.anape.es/pdf/EI%20EPS%20en%20el%20Medioambiente.pdf?publicacion=EI%20Poliestireno%20Expandido%20y%20el%20Medioambiente>)
- [29] INEPSA (2012-2015). EPS Recycling International. [Consultado en 9 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://epsrecycling.org/eps-recycling>).
- [30] AMEPS (2014). Asian Manufacturers of Expanded Polystyrene. [Consultado en 1 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.ameps.net/whatisameps.html>)
- [31] Want China Times. (2015, Mayo 5). China lifts 14-year 'ban' on Styrofoam tableware. China. [Consultado en 1 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.wantchinatimes.com/newssubclasscnt.aspx?id=20130505000059&cid=1103>)
- [32] EPSA. (2014). Expanded Polystyrene Australia. [Consultado en 1 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://epsa.org.au/>)
- [33] Sidney Fish Market. (2014). Sound Environmental Management: Expanded Polystyrene Plant. Annual Report 2014. pp 32-33. [Consultado en 3 de octubre de

2015]. Recuperado de (http://www.sydneyfishmarket.com.au/Portals/0/SFMAAnnualReport2014_1.pdf)

[34] EUMEPS. (Sin fecha). European Manufacturers of Expanded Polystyrene. [Consultado en 5 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.eumeps.org/>)

[35] EUMEPS. (Sin fecha). Comparative Life Cycle Analysis of fish box packaging solutions – EPS as a safe material, isothermal, recyclable, sustainable. [Consultado en 5 de octubre de 2015]. Recuperado de ([file:///D:/Usuario/Downloads/Fact%20Sheet%20LCA%20Fish%20Box%20Study%20\(1\).pdf](file:///D:/Usuario/Downloads/Fact%20Sheet%20LCA%20Fish%20Box%20Study%20(1).pdf))

[36] EUMEPS. (2013). Airpop Recycling in Europe 2013. [Consultado en 5 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.eumeps-powerparts.eu/show.php?ID=4592&psid=te2v9o0244pv8tb1jltimno516>)

[37] EPS-IA. (2012). EPS Industry Alliance. [Consultado en 12 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.epspackaging.org/>)

[38] EPS-IA. (2015). EPS EXPO 2016. [Consultado en 12 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.epsindustry.org/eps-expo>)

[39] EPS-IA. (2015). Production, Technology and Operations EPS Fall Conference. [Consultado en 12 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://epsindustry.org/request-information/production-technology-operations-conference>)

[40] Daneman M. (2013, Diciembre 21). More cities ban polystyrene foam, citing environment. Usa Today. New York, Estados Unidos. [Consultado en 12 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.usatoday.com/story/news/nation/2013/12/21/polystyrene-foam-ban/4141835/>)

[41] International Agency for Research on Cancer (2012). Styrene Summary of Data Reported and Evaluation. 82. pp 437. [Consultado en 12 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol82/82-07.html>)

[42] EPS-IA. (2014). EPS Recycling Rate Report 2013. [Consultado en 12 de octubre de 2015]. Recuperado de (<file:///C:/Users/Usuario/Dropbox/Proyecto%20de%20grado/Soporte%20bibliografico/EPS%20Recycling%20brochure%20PRINT%20no%20bleed.pdf>)

[43] SUTTON T. [Moore Recycling Associates]. (2014, Octubre 10). Recycling Polystyrene and Expanded Polystyrene [Archivo de video]. [Consultado en 18 de octubre de 2015]. Recuperado de (<https://www.youtube.com/watch?v=UAYI8zrOQZo>)

- [44] ASAPEX. (Sin Fecha). Asociación Suramericana de Poliestireno Expandido. [Consultado en 18 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.abrapex.com.br/asapex/24-compromiso.htm>)
- [45] AAPE. (Sin Fecha). Asociación Argentina de Poliestireno Expandido. [Consultado en 18 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.aape.com.ar/>)
- [46] ABRAPEX. (Sin Fecha). Asociación Brasileira de Poliestireno Expandido. [Consultado en 18 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.abrapex.com.br/>)
- [47] ABRAPEX. (Sin Fecha). Guía básica de procedimientos de reciclaje y reutilización de poliestireno expandido. [Consultado en 18 de octubre de 2015]. Recuperado de (<http://www.abrapex.com.br/62Recicla01.html>)
- [48] Junca, I. (2014, Febrero 1). El Icopor: una amenaza ambiental creciente para Bogotá. Periódico el Espectador [en línea]. Bogotá, Colombia. [Consultado en 22 de noviembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/el-icopor-una-amenaza-ambiental-creciente-bogota-articulo-472204>).
- [49] Segura, G. (2015, 17 de diciembre). Re: Consulta para proyecto de reciclaje de Icopor. [Mensaje de correo electrónico]. Recuperado de (<https://mail.google.com/mail/u/0/inbox/151a1c234a679323>).
- [50] Contreras Osorio, L. (2015) Investigación de mercados aplicada a la gestión de Poliestireno Expandido en la ciudad de Pereira. Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira.
- [51] Invest in Pereira. (2015). Ubicación geoestratégica privilegiada. Pereira, Colombia. [Consultado en 20 de julio de 2015]. Recuperado de: (<http://www.investpereira.pagegear.co/es/ipaginas/ver/98/ubicacion-geoestrategica-privilegiada/>)
- [52] Ramírez L. et al. Conceptos y estudios realizados para el diseño del puente atirantado. [Consultado en 20 de julio de 2015]. Recuperado de: (http://www.construdata.com/bancoconocimiento/d/dos_quebradas/viaducto4.htm)
- [53] Icopores de Occidente S.A.S. (2015). Dosquebradas, Colombia. [Consultado en 20 de julio de 2015]. Recuperado de: (http://www.icoporesdeoccidentesas.com.co/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1)
- [54] Aseo Pereira. (2015). Pereira, Colombia. [Consultado en 20 de julio de 2015]. Recuperado de: (<http://www.aseopereira.gov.co/basura-cero/>)
- [55] Periódico El Tiempo. Los rellenos sanitarios se agotan por no hacer reciclaje. En: El Tiempo [en línea]. (22 de mayo de 2016). Disponible en:

<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/rellenos-sanitarios-de-pereira-se-agotan-por-no-hacer-reciclaje/16599936>

[56] Quintero C. (2013). Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. Tesis de Maestría, Universidad de Manizales. pp 15. [Consultado en 18 de septiembre de 2015]. Recuperado de (<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream//6789/762/TESISCARLOSQUINTERO.pdf>).

[57] QuimNet. (2009). El D-limoneno o terpenos de naranja. [Consultado en 6 de diciembre de 2015]. Recuperado de (<http://www.quiminet.com/articulos/el-d-limoneno-o-terpenos-de-naranja-36744.htm>)

[58] Mora García, H. (2005). Obtención y caracterización de perlas de Poliestireno magnético mediante polimerización en suspensión. Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

[59] Kibhoka. (Sin fecha). Maquinas recicladoras de EPS y XPS. [Consultado en 3 de enero de 2016]. Recuperado de (<http://www.kibokha.com/maquinaria.html>)

[60] Cámara de Comercio de Pereira. Páginas Web y Marketing Digital. Disponible en Internet: www.camarapereira.org.co/es/ipaginas/ver/G387/24/cae_centro_de_atencion_empresarial/

ANEXOS

ANEXO 1. Presentación Verde Natura

FUNDACIÓN

Verde Natura

Reciclamos para un mundo mejor

Índice

- Quién es la Fundación VerdeNatura
- Acciones
- Proceso
- Que Reciclamos y que No.
- Beneficios
- Conózcanos

Quién es la Fundación VerdeNatura

VerdeNatura es una entidad sin ánimo de lucro que tiene como objetivo realizar acciones dirigidas a reducir y compensar los impactos ambientales negativos de los residuos no reciclados por la industria del reciclaje.

Desde hace 5 años aporta al medio ambiente un proceso para el reciclaje del ICOPOR (Poliestireno Expandido - EPS) material que antes no se reciclaba en Colombia.

Acciones

1. Reducir los Impactos negativos sobre el aire, el agua y la tierra reciclando el Icopor, evitando la quema del material, la disolución con químicos o la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios.
2. Desarrollar cadenas de reciclaje entre los actores del ciclo de vida del EPS (Icopor).
3. Realizar programas de sensibilización, divulgación y capacitación en materia de reciclaje.
4. Siembra de árboles para generar consumo de bióxido de carbono (CO₂) y reducción de la concentración en la atmósfera.

Balance Ambiental de la FVN desde julio 2010 a diciembre 2014

- 930 Toneladas recicladas.
- 14.880.000 Mt3 que no se ocuparon los rellenos sanitarios de Colombia, evitando reducir su vida útil.
- Ahorros en procesos productivos:

| | | |
|------------------|--------------|---|
| Energía | 2.139.000,00 | Kilovatios de Ahorro de Energía |
| Agua | 68.820,00 | Galones de Agua que se Ahoraron |
| Emisión de Gases | 1.860.000,00 | Kilos de Carbono equivalente (CTCE) No Generados. Efecto Invernadero |
- Ahorros ambientales:

| | | |
|----------------------|-----------|---------------------------------|
| Árboles | 6.198,45 | Árboles que se dejaron de Talar |
| Barriles de Petróleo | 20.460,00 | Barriles Petróleo Ahorrados |

Proceso de reciclaje

- 1. Acopiar el EPS**
- 2. Destrozar y Termo fundir**
- 3. Moler y peletizar**

4 A. Producción de materiales reciclados

4 B. Exportar

Que reciclamos

Residuos pos industriales

Residuos de la construcción

Residuos pos consumo, desechables EPS y PS (con programas y equipos especiales en punto de generación)

Y que no reciclamos

EPS (Icopor) contaminado de otros materiales, como: cielo raso, decoraciones con pinturas, papel etc

Beneficios

- Certificado de Disposición Ambiental (CDA) del EPS (Icopor).** En donde la Fundación VerdeNatura asume la responsabilidad ambiental de los residuos donados.
- Certificados de Impacto Ambiental.** En donde se relacionan y se equiparan los ahorros generados por la donación de Icopor (EPS): ahorro en metros cúbicos de rellenos sanitarios, ahorros en tala de árboles, energía, agua, petróleo, y emisiones de CO2.
- Certificado de Donación del EPS (Icopor).** En donde la Fundación VerdeNatura certifica ante la DIAN la equivalencia en dinero de las donaciones recibidas por cada donante durante cada año fiscal (deducible del impuesto de renta ante la DIAN. Según legislación tributaria vigente).

Conózcenos

Entrevista en noticias Caracol
<http://www.noticiascaracol.com/nacion/video-310156-bogota-se-encuentra-la-empresa-mas-recicla-icopor-latinoamerica>

 www.youtube.com/fundacionVerdeNatura
 reciclajeicopor.blogspot.com/

Oficina en Bogotá : Calle 74 A #22-31 Tel. 57 1 5460820
 reciclajedeicopor@fundacionverdenatura.org
 Móvil: (57) 3115085420
www.fundacionverdenatura.org

ANEXO 2. Conversación con Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje

Conversación iniciada 4 de agosto

Daniela Sierra Vélez 04/08/2015 9:09

Buenos días. Se que esta es una forma bastante informal de contactarlos pero quería hacer el intento para solicitarles unos minutos de su tiempo.

Mi nombre es Daniela Sierra Vélez

y soy estudiante de décimo semestre de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira

En el momento me encuentro desarrollando u proyecto junto a 3 compañeras más porque queremos reciclar el poliestireno expandido en la ciudad ya que se ha convertido en una de las principales problemáticas

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." Responder

Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje

Daniela Sierra Vélez 04/08/2015 9:16

Realizando investigaciones para llevar a cabo el proyecto nos encontramos con su empresa y definitivamente son uno de los ejemplos a seguir para nosotras y aunque no trabajen precisamente con icopor hacen algo muy parecido a lo que nosotras queremos lograr, solo que con materia prima diferente.

Daniela Sierra Vélez 04/08/2015 9:18

Quisiera si no es muy atrevido de nuestra parte solicitarles algunos consejos acerca del proceso. Estamos consiente de que la información es algo muy valioso por eso la solicitamos con mucho respeto y dentro de lo que puedan brindarnos.

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." Responder

Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje

Una de las razones que nos llevo a contactarnos es su filosofía de saber presentar la opción de reciclar y de pensar con el chip verde, no como un favor o como responsabilidad empresarial, sino como una alternativa beneficiosa para los costos de las empresas.

Y es exactamente la manera en la que pensamos, lo gratificante que se siente tener una buena idea de proyecto que ademas de ser rentable, realmente contribuya a la solución de problemas del entorno en el que nos movemos.

Muchas gracias por tomarse el tiempo de leer este mensaje

Estaré esperando su respuesta

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." Responder

Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje

1 de septiembre

Ecomodulares 01/09/2015 10:49

Hola Daniela buenas tardes, primero ofrecemos disculpas por no responder antes tus mensajes, nos encontramos en un proceso de empalme por nueva administración y por esta razón no teníamos una persona encargada de las redes sociales.

Ecomodulares 01/09/2015 11:02

En cuanto a tu proyecto en reciclaje o recuperación de Poliestireno Expandido y nuestra experiencia en procesos de reciclaje con polímeros, debemos decirte que no hemos trabajado con ese tipo de polímero debido a su difícil recuperación o reciclaje, como tu lo mencionas es

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." Responder

Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje [icon] [icon] [icon]

un material que en el mundo es un problema enorme por su difícil transformación en el postconsumo. Hemos trabajado con poliestireno rígido pero no fue rentable para nosotros su recuperación. Como concejo te podemos decir que el proceso de reciclaje o el reciclaje en si como modelo de negocio es gratificante desde el punto de vista ambiental, sin embargo como negocio debes planificar muy bien el proceso y los tipos de materiales que vas a trabajar. Nosotros trabajamos con residuos Postconsumo como el ABS que proviene de las carcasas de equipos RAEE y en el momento la mayoría de lo que trabajamos es residuo Post Industria (Polietileno AD, BD, y Polipropileno), en razón a que es un proceso más fácil y como modelo de negocio es mejor.

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." **Responder**

Ecomodulares

Ecomodulares + Nuevo mensaje [icon] [icon] [icon]

ABS que proviene de las carcasas de equipos RAEE y en el momento la mayoría de lo que trabajamos es residuo Post Industria (Polietileno AD, BD, y Polipropileno), en razón a que es un proceso más fácil y como modelo de negocio es mejor. Reciclar material postconsumo necesita mucho apoyo gubernamental ya que para su acopio y costos de proceso es necesario que las entidades públicas involucren iniciativas privadas como la nuestra para que realmente sea un proceso rentable que beneficie a toda la cadena de reciclaje en una ciudad. Espero esta respuesta tardía sea útil para tu proyecto y de nuevo disculpanos por la tardanza.

Escribe una respuesta...

Añadir archivos Añadir fotos Pulsa "E..." **Responder**

Ecomodulares

ANEXO 3. Cotización de máquinas recicladoras

Primera opción de inversión: Kibo - Recicladora REPS1 con molino MEPS1

| | |
|-------------|--|
| Marca | KIBOKHA |
| Modelo | REPS1 con MPS1 |
| Altura | 220 cm (aprox.) |
| Ancho | 150 cm (aprox.) |
| Largo | 180 cm (aprox.) |
| Rendimiento | 15 a 45 Kg / hora (según densidad EPS, PS o XPS) |
| Consumo | 4 kw hora |
| Corriente | Trifásica a 220 |
| Garantía | 12 mese por defectos de fabricación (no incluye partes eléctricas) |

MEPS1



REPS1



Valor COP\$ 13.700.000



Segunda opción de inversión: Kibo - Recicladora REPS2X1

| | |
|-------------|---|
| Marca | KIBOKHA |
| Modelo | Kibo - Recicladora REPS2X1 |
| Altura | 170 cm (aprox.) |
| Ancho | 150 cm (aprox.) |
| Largo | 180 cm (aprox.) |
| Rendimiento | 40 a 100 Kg / hora (según densidad EPS, PS, XPS) |
| Consumo | 3.5 kw hora |
| Corriente | Trifásica a 220 |
| Garantía | 12 meses por defectos de fabricación (no incluye partes eléctricas) |

Valor COP\$ 15.600.000

REPS2X1



Tercera opción de inversión: Kibo recicladora REPS3 con molino MEPS3

| | |
|-------------|---|
| Marca | KIBOKHA |
| Modelo | Kibo recicladora REPS3 con molino MEPS3 |
| Altura | 240 cm (aprox.) |
| Ancho | 250 cm (aprox.) |
| Largo | 350 cm (aprox.) |
| Rendimiento | 80 a 160 Kg / hora (según densidad EPS o XPS) |
| Consumo | 20 kw hora |
| Corriente | Trifásica a 220 |
| Garantía | 12 meses por defectos de fabricación (no incluye partes eléctricas) |

Valor COP\$ 29.800.000



Forma de pago, tiempo de entrega y garantía.

- Forma de pago:
 - 50% con la orden de compra, saldo a la entrega e instalación y correcto funcionamiento
- Tiempo de entrega
 - 30 días después de recibir la orden de compra y el anticipo.
- Garantía:
 - Un año de garantía (no incluye partes eléctricas)

(Los valores de esta propuesta tienen validez por 30 días, no incluyen IVA, ni transportes del equipo o del personal de instalación)



Contáctenos

Móvil: (57) 3103249768

Dirección Carrera 29 N° 75-34 Bogotá -Colombia

E-mail: comercial@kibokha.com

www.kibokha.com



ANEXO 4. Cotización transporte de máquinas recicladoras



Dosquebradas, Mayo 18 del 2016

Validez de la oferta: 2016

Disponibilidad: A revisar

| | |
|-----------------|---------------------------|
| Contacto | Carlos Enrique Parra |
| Cliente | Juliana Flórez Bañol |
| Teléfono | +57 3147810117 |
| Email | Juli_florez91@hotmail.com |

Descripción servicio: Transporte de maquinaria desde Bogotá hasta Pereira

- **Especificaciones de la Oferta de Servicio 1:(Máquina recicladora REPS1)**

Equipo: Cama Baja

Peso: 4 toneladas

Longitud: 1,8 metros

Ancho: 1,5 metros

Altura: 2,2 metros

Oferta Económica:

| ITEM | DESCRIPCIÓN | ORIGEN | DESTINO | VALOR DEL TRANSPORTE DE MÁQUINA |
|------|---|--------|---------|---------------------------------|
| 1 | TRANSPORTE EN CAMA BAJA DE MÁQUINA RECICLADORA DE 4 TONELADAS | BOGOTÁ | PEREIRA | \$4.000.000 |

*Los valores suministrados son antes de impuesto

 Cra. 16 # 76-64 (La Romelia)
Pereira - Rda

 Tel.: (6) 328-2134

 WWW.MOVITRAM.CO



- **Especificaciones de la Oferta de Servicio 2: (Máquina recicladora REPS3)**

Equipo: Cama Baja
Peso: 6 toneladas
Longitud: 3,5 metros
Ancho: 2,5 metros
Altura: 2,4 metros

Oferta Económica

| ITEM | DESCRIPCIÓN | ORIGEN | DESTINO | VALOR DEL TRANSPORTE DE MÁQUINA |
|------|---|--------|---------|---------------------------------|
| 1 | TRANSPORTE EN CAMA BAJA DE MÁQUINA RECICLADORA DE 6 TONELADAS | BOGOTÁ | PEREIRA | \$4.000.000 |

*Los valores suministrados son antes de impuesto

- **Especificaciones de la Oferta de Servicio 3: (Máquina recicladora REPS2X1)**

Equipo: Turbo
Peso: 4 toneladas
Longitud: 1,8 metros
Ancho: 1,5 metros
Altura: 1,7 metros

Oferta Económica

| ITEM | DESCRIPCIÓN | ORIGEN | DESTINO | VALOR DEL TRANSPORTE DE MÁQUINA |
|------|--|--------|---------|---------------------------------|
| 1 | TRANSPORTE TURBO DE MAQUINA RECICLADORA DE 4 TONELADAS | BOGOTÁ | PEREIRA | \$1.500.000 |

*Los valores suministrados son antes de impuesto



Consideraciones Generales del servicio

- Enviar Orden de Servicio General, la cual contenga los términos de ésta propuesta económica y donde se especifique la exclusividad en las contrataciones de servicios de izaje de carga con grúa telescópica y levantamiento con montacargas.
- El tiempo del servicio es laborado y/o disponible independiente de factores externos como lluvias, retrasos o problemas en la operación ajenos a MOVITRAM GRUAS S.A.S.
- Un día de servicio incluye 8 horas de disponibilidad del equipo. No incluye la hora de almuerzo.
- El tiempo inicia a partir de que el equipo llegue a sus instalaciones y finaliza una vez salga del lugar del servicio.
- Es indispensable realizar visita técnica, con el fin de verificar que las condiciones reales del servicio correspondan al equipo con el cual realizaron el presupuesto.

Forma de Pago

- Anticipo del 50% y el excedente al finalizar el servicio.
- Favor hacer consignaciones y/o transferencias a la Cuenta Corriente Bancolombia No. 896-16226339 a nombre de MOVITRAM GRUAS S.A.S.
- Enviar soportes de pago al correo: movitramgruas@gmail.com

El servicio Incluye

- Movilización y desmovilización de la grúa y sus contrapesas, camioneta escolta, policía, operador, aparejador y herramientas necesarias para la operación
- Combustible.
- Mantenimiento de los equipos.

El servicio Excluye


- Cierre vial.
- Adecuaciones a instalaciones y terreno como relleno, nivelación y compactación.

Seguros

- MOVITRAM GRUAS S.A.S tiene asegurados contra todo riesgo la totalidad de sus equipos y el personal a su servicio; por lo tanto no admite ni asume subrogación de seguros bajo ningún aspecto.

CARLOS ENRIQUE PARRA IBAGON

 Cra. 16 # 76-64 (La Romelia)
Pereira - Rda

 Tel.: (6) 328-2134

 WWW.MOVITRAM.CO