

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DEL CIERRE DE CICLO DE DIVERSOS TIPOS DE EMPAQUES DE POLIESTIRENO COMERCIALIZADOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

ALEJANDRO CHARPENTIER MALDONADO

DIRECTOR: Ing. Santiago Guerra Salcedo, MSc.

DMQ, marzo 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Alejandro Charpentier Maldonado declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Alejandro Charpentier Maldonado

alejandro.charpentier@epn.edu.ec

kapri_char88@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por ALEJANDRO CHARPENTIER MALDONADO, bajo mi supervisión.



Santiago Stalín Guerra Salcedo

DIRECTOR

santiago.guerra@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



Alejandro Charpentier Maldonado

DEDICATORIA

La elaboración de este trabajo investigativo se lo dedico a cada una de esas personas que han sido empáticos conmigo y siempre estuvieron ahí con una palabra de aliento, un no te rindas y empujando para que culmine la carrera a pesar de los obstáculos que se han venido presentando, definitivamente se la dedico a mi pequeño hijo Mathías, a mi esposa María José quienes me motivan a continuar, también va dedicado a mis padres Susi y Víctor Hugo que paciencia y que acolite hasta el final siempre a mi hermana Alejandra y sus pequeñas hijas siempre una razón más para sonreírle a la vida, a mi familia tan numerosa como para mencionarlos a cada uno, a mis amistades que han estado en las buenas y las malas, a mis compañeros y maestros que son parte fundamental de este proceso.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a la maravillosa Escuela Politécnica Nacional, a mis maestros Ingeniera Patricia Panchi, Ingeniero Eduardo Vásquez, Doctora Verónica Morales, Ingeniera Lorena Gallardo y demás profesores que me faltó mencionar todos y a cada uno de ellos quienes impartieron su conocimiento sea de manera virtual o presencial pero lo dieron todo por cumplir a cabalidad el desafío de enseñar, además de ser muy condescendientes y comprensivos antes las calamidades que se me presentaron cuando inicie mi etapa de padre de familia y un agradecimiento especial al Ingeniero Santiago Guerra por todo el apoyo prestado para la ejecución de esta tesis, además de las enseñanzas impartidas en sus clases, la paciencia y comprensión ante las situaciones extracurriculares que se me han venido presentando.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.3 ALCANCE	10
1.4 MARCO TEÓRICO	10
1.4.1 <i>Poliestireno Expandido</i>	10
1.4.2 <i>Funciones del EPS</i>	11
1.4.3 <i>Propiedades del Poliestireno Expandido</i>	11
1.4.4 <i>Aplicaciones</i>	13
1.4.5 <i>Producción del Poliestireno</i>	14
1.4.6 <i>Problemática ambiental debido al EPS</i>	16
1.4.7 <i>Técnicas para recuperar el espumaflex (EPS)</i>	17
1.4.8 <i>Métodos de Reciclaje del EPS</i>	18
1.4.9 <i>Normativa</i>	19
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1 TRABAJO DESCRIPTIVO	20
2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	21
2.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1 RESULTADOS	23
3.2 DISCUSIÓN.....	27
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
4.1 CONCLUSIONES.....	29
4.2 RECOMENDACIONES	30
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXOS	37
ANEXO I. CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD	37

ANEXO II. INFORME DE ORIGINALIDAD.....	38
ANEXO III. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS MÉTODOS DE RECICLAJE DEL EPS	39
ANEXO IV. FORMATO DE ENTREVISTA PARA EMPRESAS QUE RECICLAN POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	40
ANEXO V. FORMATO DE ENTREVISTA PARA EMPRESAS O RECICLADORAS QUE NO RECIBEN EL MATERIAL DE EPS	42
ANEXO VI. FORMATO DE ENTREVISTA A RECICLADORES DE BASE	43
ANEXO VII. GUÍA PARA UN CIERRE DE CICLO ADECUADO PARA PRODUCTOS DE ESPUMAFLEX.	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones principales del EPS	11
Tabla 2. Síntesis de las características físicas del EPS.....	11
Tabla 3. Estabilidad química del EPS.....	12
Tabla 4. Aplicaciones del EPS	13
Tabla 5. Composición de Residuos sólidos generados en la ciudad de Quito	16
Tabla 6. Tratamientos para la recuperación del EPS	18

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Categorización mundial de la producción de polímeros	15
FIGURA 2. Categorización de la producción de los distintos usos del EPS a nivel mundial	15
FIGURA 3. Proceso mecánico de reciclaje del EPS	19
FIGURA 4. Espumaflex reciclado	24
FIGURA 5. Proceso de reciclaje del EPS	25
FIGURA 6. Pintura de alto tráfico Fuente:	26
FIGURA 7. Corte de un panel de hormigón alivianado	26
FIGURA 8. Cadena de producción del EPS	27

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo analizar y evaluar diferentes alternativas para el manejo y disposición final del espumaflex en la ciudad de Quito. El poliestireno expandido es utilizado en la industria del embalaje y la construcción, que puede generar impactos ambientales negativos si no se gestiona adecuadamente.

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el tema, así como una evaluación de las políticas y normativas ambientales vigentes en el país. Además, se llevaron a cabo entrevistas con expertos en el tema y a empresas que utilizan poliestireno expandido en sus procesos productivos. A partir de los resultados obtenidos, tales como la problemática para una gestión adecuada del EPS vinculada al peso, transportación, remuneración por reciclaje, maquinaria e infraestructura para el tratamiento de dicho material, se propusieron diversas alternativas para el cierre de ciclo del poliestireno expandido en Quito, como la reutilización, el reciclaje y la recuperación energética. Estas alternativas fueron evaluadas en función de su viabilidad técnica, económica y ambiental, y se identificaron los principales desafíos y oportunidades asociados a su implementación.

Finalmente, se concluyó que es necesario establecer una serie de acciones a seguir entre los actores de la cadena productiva del EPS para mitigar los impactos ambientales negativos asociados con la disposición final de estos residuos. Además, se recomienda la implementación de políticas públicas y la promoción de buenas prácticas empresariales para fomentar la economía circular y el uso sostenible de los recursos en la ciudad de Quito.

PALABRAS CLAVE: poliestireno, alternativas, evaluación, viabilidad, cierre de ciclo.

ABSTRACT

The present project aims to analyze and evaluate different alternatives for the management and final disposal of foam in the city of Quito. Expanded polystyrene is used in the packaging and construction industries, which can generate negative environmental impacts if not managed properly.

To carry out this research, a thorough review of existing literature on the subject was conducted, as well as an assessment of current environmental policies and regulations in the country. In addition, interviews were conducted with experts on the subject and companies that use expanded polystyrene in their production processes. Based on the results obtained, such as the challenges for proper EPS management related to weight, transportation, recycling compensation, machinery, and infrastructure for the treatment of this material, various alternatives were proposed for the closed-loop management of expanded polystyrene in Quito, such as reuse, recycling, and energy recovery. These alternatives were evaluated based on their technical, economic, and environmental feasibility, and the main challenges and opportunities associated with their implementation were identified

Finally, it was concluded that a series of actions need to be taken by the actors in the EPS production chain to mitigate the negative environmental impacts associated with the final disposal of these waste materials. Additionally, the implementation of public policies and promotion of good business practices are recommended to encourage circular economy and sustainable use of resources in the city of Quito.

KEYWORDS: polystyrene, alternatives, evaluation, feasibility, cycle closure

1. INTRODUCCIÓN

El poliestireno expandible, o EPS por sus siglas en inglés, conocido en el país como espumaflex se trata de uno de los polímeros que más se emplea a nivel mundial debido a su ligereza y sus prestaciones como aislante térmico, el bajo costo que representa su producción facilitando la misma, haciéndolo atractivo para la fabricación de productos de un solo uso, como son los embalajes de productos varios, rellenos de muebles, recipientes y utensilios desechables (ANAPE, 2022b).

Así como lo ligero del peso del poliestireno expandido es una ventaja para el empaquetamiento de distintos productos, en distintos sectores manufactureros, para el reciclaje se ha vuelto un conflicto en cuanto a la transportación de estos desechos debido al volumen que ocupan. Samper *et al.* (2008) menciona que en un camión de 70 m³ se puede transportar entre 700 a 1700 kg de EPS, esto implica un elevado costo de transporte a los centros de recuperación (Barnetson, 2004).

Adicional a lo antes mencionado los productos a base de EPS una vez que cumplieron su vida útil, la misma que es extremadamente corta, son desechados sin buscar otra utilidad para prolongarla. Esto provoca el acumulamiento de dichos desechos en calles y basureros, generando un verdadero problema a solucionar, especialmente en países en vías de desarrollo donde el ordenamiento de los residuos sólidos urbano es escaso (Quiroz Carranza *et al.*, 2008).

Buscando contrarrestar dichos problemas no se ha escatimado esfuerzos para encontrar aplicaciones sostenibles en cuanto a reutilización, métodos de reciclaje como el mecánico, químico o energético que prologuen la vida útil del EPS, y sobre todo una disposición final favorable con el ambiente (Subramanian, 2000).

Definir y analizar la mejor opción de reciclaje o una disposición final eco amigable para el EPS puede ser muy valioso, además de evaluar la viabilidad económica y técnica a nivel nacional, porque es posible implementar un sistema de gestión para el procesamiento de EPS que reduzca la contaminación ambiental y ofrezca una remuneración por el reciclaje del mismo (Rojas *et al.*, 2020).

En este trabajo investigativo se busca evaluar y determinar que alternativas son las adecuadas para un correcto cierre de ciclo de diversos productos de espumaflex desechados en la ciudad de Quito, utilizando como base las distintas investigaciones y experiencias sobre la reutilización sostenible, el reciclaje y la disposición final del EPS.

1.1 Objetivo general

Evaluar el cierre de ciclo de diversos tipos de empaques de poliestireno expandido comercializado en Quito.

1.2 Objetivos específicos

1. Obtener información relevante sobre las diferentes aplicaciones en las que se usa el EPS reciclado en la ciudad de Quito
2. Realizar un diagrama de flujo con el ciclo de uso del EPS basado en la información encontrada sobre sus diferentes aplicaciones.
3. Proponer una alternativa viable al cierre de ciclo de uso del EPS para ser aplicada en la ciudad de Quito.

1.3 Alcance

Se pretendió brindar una solución a una gran problemática de la ciudad como es el uso desmedido de EPS en aplicaciones diarias. Para este efecto, a través de una evaluación piloto en la capital, se trató de levantar una cantidad importante de información disponible acerca del cierre de ciclo de uso del material descrito, y proponer alternativas para su reutilización o reciclaje, reduciendo el envío de este material a disposición. De la información que se obtuvo son pocas las empresas, organizaciones y gestores que realizan un cierre de ciclo adecuado para el EPS, cada una de estas presentó limitaciones que impiden que el reciclaje de este material se dé eficazmente. Por lo tanto, es necesario que la alternativa que se escogió abarque estas limitaciones, las solucione y potencie los procesos implementados por estas empresas, organizaciones y gestores en cuanto al cierre de ciclo de vida que dan al EPS.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Poliestireno Expandido

La definición técnica del EPS es: un material plástico, rígido y poroso formado por perlas presopladas de espuma de poliestireno o uno de sus copolímeros, con una estructura cerrada y llena de aire (John & Javna, 2009).

El poliestireno expandido se obtiene de la polimerización del monómero de estireno (derivado del petróleo) con agua y un elemento efervescente. Este material constituye la materia prima para la fabricación de productos modificados para diferentes sectores como el de la construcción, embalaje, entre otros, gracias a su propiedad de insonorización,

aislante térmico, seguridad y fiabilidad bajo absorción de agua (Ramos Carpio & María Ruiz, 1988).

El poliestireno se descubrió en 1831 como un estireno líquido incoloro, aislado originalmente del taño de un árbol. En la actualidad se produce esencialmente a partir de hidrocarburos. Este material se sintetizó inicialmente de forma industrial por 1930 y, a finales de los 1950, la industria alemana BASF a través del Dr. F. Sztastny, desarrolló y puso en producción al poliestireno expandido al que se lo nombro Styropor. En ese mismo año, fue utilizado en la construcción de la misma planta de BASF donde se descubrió como un aislante (López & Canepa, 2013).

1.4.2 Funciones del EPS

En la tabla 1 se muestran sus principales funciones según Horvath (1999):

Tabla 1. Funciones principales del EPS

Función	Detalle
Aislamiento térmico	Porcentaje elevado de aire (98% aprox.)
Colmado de peso leve	Densidad alrededor de los 10 kg/m ³ , su rigidez puede soportar vehículos, trenes, aviones y construcciones alivianadas.
Transmisor de fluidos	Es altamente permeable al contar con canales o vacíos por donde pasan los fluidos de acuerdo a la forma que se dé al producto.
Amortigua vibraciones	Amortigua sacudidas de ligera amplitud y ruido, debido a la alta relación entre la rigidez y densidad del EPS.
Inclusión comprensible	Regula agitaciones del suelo o roca y reduce la carga sobre las estructuras al colocar planchas de EPS sobre o por atrás de las estructuras.

1.4.3 Propiedades del Poliestireno Expandido

Propiedades Físicas del EPS

Para detallar estas propiedades se puede observar la tabla 2 a continuación:

Tabla 2. Síntesis de las características físicas del EPS

Propiedades	Unidades	Intervalo
Densidad nominal	kg/m ³	10 - 35
Densidad mínima	kg/m ³	9 – 31.5

Continuación tabla 2. Síntesis de las características físicas del EPS...

Calibre mínimo	mm	50 - 20
Conductividad térmica	mW/(mK)	46 - 33
Rigidez por compresión	kPa	30 - 250
Tenacidad permanente a la compresión	kPa	15 - 70
Tenacidad al doblamiento	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 instantánea al calor	°C	100
Indeformabilidad duradera al calor	°C	80
Coeficiente de expansión térmica lineal	1 / K (xE – 5)	5 – 7
Capacidad térmica específica	J / (kg K)	1210
Permeabilidad de agua: inmersión 7 días	% (vol)	0.5 – 1.5
Permeabilidad de agua: inmersión 28 días	% (vol)	1.3
Indicador de resistencia a la emisión de vapor de agua	-	< 20 - 120

Fuente: (ECOTEC, 2022)

➤ **Propiedades Químicas del EPS**

Las soluciones hidratadas de sales y álcalis, así como el agua no alteran al EPS. No obstante, los solventes orgánicos lo atacan fácilmente tal como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Estabilidad química del EPS

Sustancia Activa	Estabilidad	Efecto
Solución salina	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Soluciones de tensoactivos y jabones	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Lejías	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Ácidos diluidos	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Ácido clorhídrico al 35%	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Ácido Nítrico al 50%	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Ácidos concentrados al 100%	No Estable	Se encoge o se diluye
Soluciones alcalinas	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Disolventes orgánicos	No Estable	Se encoge o se diluye

Continuación tabla 3. Estabilidad química del EPS...

Aceite de parafina, vaselina	Relativa	Puede contraerse o su superficie es atacada bajo una acción prolongada
Aceite de diésel	No Estable	Se encoge o se diluye
Carbuos	No Estable	Se encoge o se diluye
Alcoholes	Estable	No se daña bajo acciones prolongadas
Aceites de silicona	Relativa	Puede encogerse o su exterior es atacado bajo una acción prolongada

Fuente: (ANAPE, 2011)

➤ **Propiedades Biológicas del EPS**

Según lo citado por ANAPE (2011) las propiedades biológicas del EPS son:

- Imputrescible
- No mohoso
- No se descompone
- No forma una base nutritiva para los microorganismos

Si tiene suciedad puede terminar acarreado microorganismos sin ser parte del proceso biológico.

1.4.4 Aplicaciones

Estas son algunas de las aplicaciones en las que se emplea por lo general al poliestireno expandido:

Tabla 4. Aplicaciones del EPS

Aplicación	Descripción
Pescados y mariscos	<ul style="list-style-type: none"> - Máximas garantías de higiene - Óptimos niveles de protección térmica - Apilamiento sin riesgos para la mercancía.
Productos cárnicos y avícolas	
Frutas y verduras	
Productos lácteos	<ul style="list-style-type: none"> - Garantiza la transpiración de los quesos tiernos - Alcance de maduración adecuado - Aislación de humedad y líquidos que se puedan generar.
Bebidas	<ul style="list-style-type: none"> - Mantiene condiciones de temperatura - Evita roturas debido al amortiguamiento ante impactos
Helados y pastelería	<ul style="list-style-type: none"> - Protección total en cuanto a exigencias higiénicas y de temperatura

Continuación tabla 4. Aplicaciones del EPS...

Horticultura y jardinería	<ul style="list-style-type: none"> - Gama de soluciones desde el desarrollo y crecimiento de las plantas - Protección durante el transporte
Electrodomésticos, electrónica de consumo e informática	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptabilidad, Amortiguación de impactos evitando daños durante el transporte. - Permite el apilamiento y actúa como cojín protector.
Componentes electrónicos y material eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizado en cadenas de embalaje, transporte y almacenamiento - Seguridad en cuanto a la no acumulación de electricidad estática.
Farmacia, perfumería y cosmética	<ul style="list-style-type: none"> - Protección total de higiene - Conservación de temperatura
Juguetes	<ul style="list-style-type: none"> - Efecto display es decir los empaques de EPS son buenos expositores de productos de juguetería, - Cuentan con una gran protección durante su transporte
Muebles	<ul style="list-style-type: none"> - Como cantoneras o piezas mayores de protección evitando golpes o caídas.
Herramientas y maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptabilidad a las diferentes formas de las herramientas - Protección contra la humedad
Componentes de automoción	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a impactos y humedad.
Óptica, fotografía y aparatos de precisión	<ul style="list-style-type: none"> - Protección y seguridad debido a la adaptabilidad - Resistencia a impactos.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> - Aislante térmico y acústico en construcción de mampostería. - Seguridad y protección durante el transporte de materiales como el mármol, cerámicas o accesorios de baño.

Fuente: (ANAPE, 2022a)

1.4.5 Producción del Poliestireno

De acuerdo con ASEPLAS (2017) citado por Terán (2017), en el país hay unas 15 compañías cuya producción de diferentes productos se basa en el EPS. Con una producción a nivel nacional muy significativa que supera las 250 mil toneladas al año, de esta el 52% se utiliza para fines variados y 48% restante se utiliza para recipientes, embalajes y empaques. De este último porcentaje mencionado un 20% es utilizado en envases de retail (uso y consumo de los propios comercios y servicios) y en envases farmacéuticos, mientras que el porcentaje restante se utiliza en recipientes para envases de alimentos. (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2017)

En la figura 1 se observa la composición de los diversos tipos de plástico y el porcentaje de producción de éstos a nivel global.

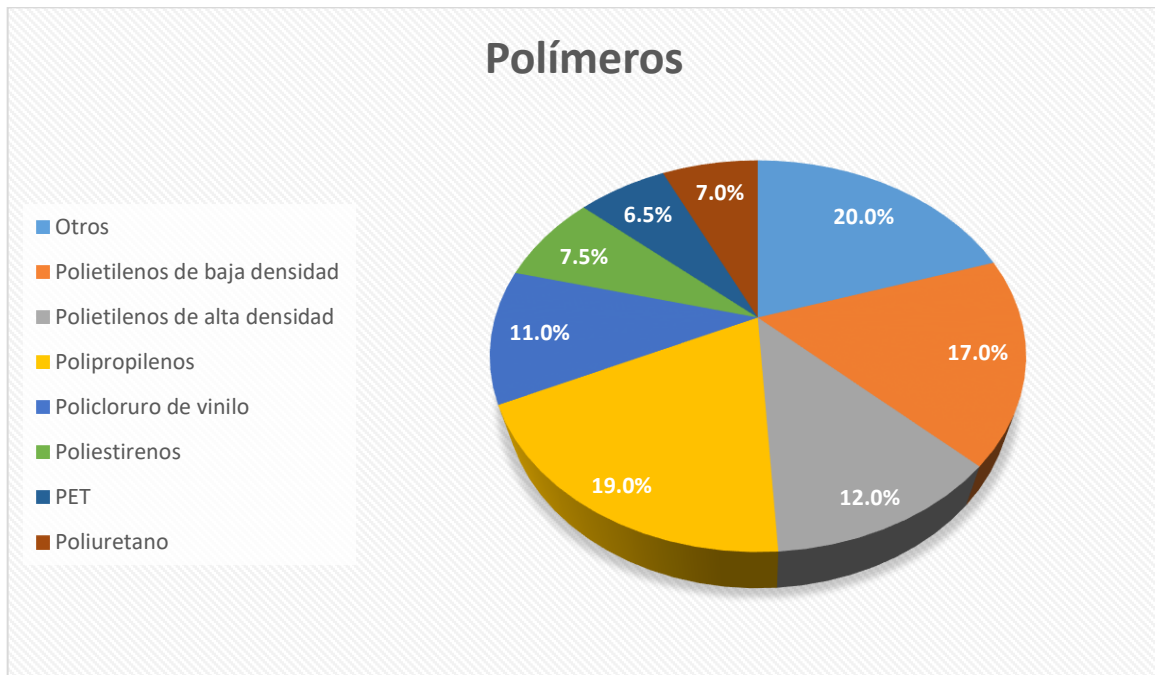


FIGURA 1. Categorización mundial de la producción de polímeros Fuente: (PlasticsEurope, 2013)

Mientras en la figura 2 se detalla la distribución de la producción del EPS en los diversos sectores y el porcentaje que representa en cada uno de ellos.

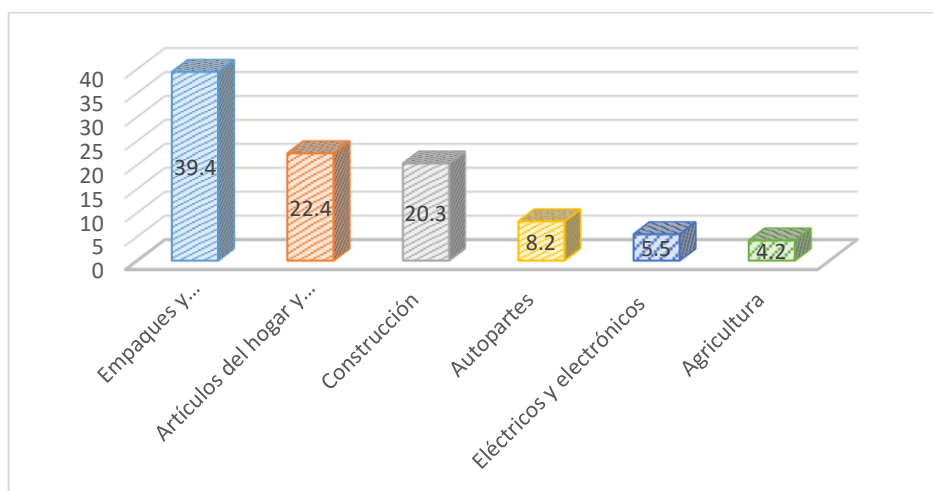


FIGURA 2. Categorización de la producción de los distintos usos del EPS a nivel mundial Fuente: (PlasticsEurope, 2013)

1.4.6 Problemática ambiental debido al EPS

Gracias a la versatilidad y avances tecnológicos de los plásticos el uso de los mismos se ha incrementado en los últimos años alrededor de un 4% anual, para envases, automóviles, viviendas, prendas de vestir y todo tipo de productos. (Cáceres et al., 2015)

A continuación, se puede apreciar la generación de residuos sólidos producida en el Distrito Metropolitano de Quito, en la misma se puede identificar cada componente que la conforma desde plásticos hasta residuos peligrosos detallados en la tabla 5.

Tabla 5. Composición de Residuos sólidos generados en la ciudad de Quito

Componentes		Generación Domiciliaria	Generación de Grandes generadores	Generación Total
		Ton/día	Ton/día	Ton/día
Plásticos	Polietileno de alta densidad	50.85	14.17	65.02
	Polietilenterftalato (PET)	30.02	13.41	43.43
	Polipropileno y demás tipos de plásticos	35.65	15.43	51.08
	Polietileno de baja densidad	67.39	13	80.39
	Poliestireno	12.09	4.49	16.58
Metal	Ferroso	17.54	2.04	19.58
	No Ferroso	5.09	2.33	7.42
Vidrio	Envases transparentes y de color	24.51	5.45	29.96
	Plano cristalino y de color, vidrio roto	8.73	1.86	10.59
Papel y cartón	Papel bond	12.72	10.68	23.4
	Para escritura e impresión	46.62	10.82	57.44
	Cartón	61.82	19.07	80.89
Materiales multicapa	Tetrapak®	14.84	14.95	29.79
	Otros	9.75	5.92	15.67
Orgánicos	Restos de alimentos y poda	1199.21	236.92	1436.13
Inertes	Pétreos y finos	20.42	3.52	23.94
Rechazo	Sanitarios y pañales	215.03	12.6	227.63
	Varios	5.88	1.1	6.98
Poder calorífico alto	Textiles	31.2	5.14	36.34
	Pieles y cueros	6.18	1.09	7.27
	Madera procesada	6.04	8.2	14.24
Residuos tecnológicos	Eléctricos, electrónicos y consumibles.	6.72	1.29	8.01
Residuos peligrosos	Varios	3.04	1.49	4.53
Total		1891.34	404.97	2296.31

Fuente: (EMGIRS, 2020)

El consumo mundial de poliestireno se expande más allá de los tres millones de toneladas y un crecimiento del 6% anual. Este incremento en el uso material muestra la urgencia de encontrar formas de reciclar los residuos para resolver la problemática en cuestión, dejando de ser un peligro ambiental para volverse un recurso para la industria (Quiroz et al., 2015).

Al ser un material químicamente inerte, no biodegradable y no contener clorofluorocarbonos (CFC), el EPS no contamina desde el punto de vista químico al medio ambiente, la tierra, el agua o al aire. Sin embargo, puede volverse una preocupación medioambiental si no se recicla, ya que se considera un material eterno. Por lo general los fabricantes utilizan densidades entre los 10 a 20 kg/m³ para elaborar los productos de EPS, pero al almacenarlos como material de desecho, obteniendo alrededor de 5 kg/m³ de densidad ya que los productos desechados generan muchos espacios vacíos debido a la variedad de formas (López & Canepa, 2013).

De acuerdo con un muestreo realizado en la preparatoria de la UVM Campus Villahermosa en el que se determinó que una tonelada de desechos de poliestireno ocupa un volumen de 200 m³, un valor evidentemente elevado para tan poco material y que requiere de un considerable espacio debido a que su composición es de 98% de aire y un 2 % del poliestireno (Schmidt et al., 2011).

El tiempo de uso o vida útil del EPS no supera los 60 minutos, y su degradación como detallan Quiroz et al. (2015) puede sobrepasar los 500 años, mientras que los costos de gestión y disposición final del residuo de espumaflex estaría alcanzando los 12000 USD/m³ un costo muy elevado para tan poco material (Flores, 2016) citado por (Terán, 2017).

Debido a lo mencionado en el párrafo anterior y según es mencionado por EMASEO (2013) durante el contacto de comida con los recipientes de espumaflex, estos últimos tienden a mancharse fácilmente reduciendo sus posibilidades de reciclaje, acabando en vertederos o en la incineración, creando serios problemas ambientales si no se siguen las regulaciones pertinentes (Arandes et al., 2004).

Las iniciativas para reducir las afectaciones ambientales han dado como resultado diversos métodos químicos y térmicos útiles para reciclar el EPS. No obstante, la tecnología química implica a menudo el uso de diluentes peligrosos (Poletto et al., 2011).

1.4.7 Técnicas para recuperar el espumaflex (EPS)

Para realizar la recuperación de los desechos del poliestireno expandido es necesario aplicar un determinado tratamiento como se indica en la tabla 6

Tabla 6. Tratamientos para la recuperación del EPS

Tratamiento	Descripción	Aplicación
Primario	Se realizan actividades mecánicas para conseguir un producto similar al original	Aprovecha los residuos y recortes de las plantas de producción y transformación
Secundario	Se produce por medio de la fusión, convirtiendo los desechos en diversos productos y con una alta gama de aplicaciones distintas al original	Se la utiliza generalmente en el sector automotriz.
Terciario	Aprovechan de manera integral los elementos que conforman el producto, transformándolo en hidrocarburos	Como materias primas para obtención de nuevos polímeros o en la industria petroquímica

Fuente: (CEMPRE, 1998)

1.4.8 Métodos de Reciclaje del EPS

Para realizar un tratamiento adecuado al poliestireno expandido post consumo es necesario aplicar alguno de los diferentes métodos de reciclaje entre los cuales se tiene:

Reciclaje Mecánico:

Este tipo de reciclaje según ANAPE (2022c) se ocupa en la mayoría de casos ya que permite obtener materia prima de EPS adecuada para fabricar nuevos productos, para lo cual es necesario seguir una serie de pasos:

- Separación y clasificación del material
- Eliminación de impurezas
- Trituración mecánica
- Mezcla con materia prima virgen
- Formación de bloques de espumaflex
- Compactación y transporte a centros de procesamiento
- Fundición de los bloques para obtener materia prima



FIGURA 3. Proceso mecánico de reciclaje del EPS Fuente: (Greenmax, 2018)

Reciclaje Físico por disolución: mediante este tratamiento se reutiliza el gel de poliestireno para lo cual es necesaria la limpieza de impurezas utilizando la disolución, este gel se obtiene cuando se realiza el respectivo granceado a los productos reciclados de PS y EPS (ANAPE, 2022c).

Reciclaje Químico: resulta de la despolimerización del EPS a su monómero por el que está constituido o una degradación del poliestireno a materiales secundarios para lo cual es necesario exponerlo a temperaturas entre los 300 a 450°C y bajo una atmosfera compuesta de nitrógeno, clorofluorocarbono, propano entre otros, junto a catalizadores oxácidos o básicos. (Maharana et al., 2007)

En cuanto a la disposición final del espumaflex, se la puede realizar a través de la reducción de su volumen usando la incineración con recuperación de energía y según ANAPE (2022) la capacidad calórica del EPS muy similar a la del gas natural y mayor a la del carbón o de la madera. Adicionalmente, su combustión carece de sustancias toxicas que afecten a la atmosfera, es necesario recalcar que el recurrir a este proceso es para productos provenientes del EPS que no se pueda reutilizar ni reciclar por ninguno de los métodos antes mencionados.

1.4.9 Normativa

El país no cuenta con una normativa centrada en el cierre de ciclo del EPS, sin embargo, se tiene ciertos reglamentos y disposiciones a través de los cuales se puede establecer ciertos criterios legales que permitan normar de cierta manera la disposición post consumo del espumaflex entre los que destacan:

- **Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 100:** Materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos (PET, PP, Polietileno de alta y baja densidad, PS y vinilo) (INEN, 2014)
- **Reforma del Libro VI, Capítulo IX, artículos 232, 233, 237, 238, 242, 243 y 246:** Regulaciones sobre el consumo responsable y producción limpia en la innovación de productos (Ministerio del Ambiente, 2015)
- **Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria: NTE INEN 2634:2012:** Disposición de desechos plásticos post consumo en esta norma se establecen los requisitos a cumplir de los desechos plásticos desde su concepción hasta la disposición final (INEN, 2012)
- **Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva, artículos 3, 10, 11, 15, 16, 19, 23, 27, 28, 29, 33, 38:** Principios, políticas públicas, producción sostenible, ecodiseño, consumo sostenible y gestión inclusiva para la inserción de la cadena productiva del EPS a una Economía Circular adecuada (Asamblea Nacional del Ecuador, 2021).

2. METODOLOGÍA

Dentro del presente trabajo se requirió el empleo de mecanismos que faculten ejecutar un estudio sobre la problemática que presenta el cierre del ciclo de vida para el poliestireno expandido. Por lo que se contempló apropiado el hacer un proyecto compuesto de investigación cualitativa con el que se permitió recabar información bibliográfica y documental, así como métodos de campo para una comprensión legible sobre el problema en cuestión.

2.1 Trabajo Descriptivo

A través de los artículos descriptivos, se buscó la especificación de características y particularidades provenientes de la indagación realizada en el presente trabajo investigativo, identificando su comportamiento presente en torno al problema planteado.

Como lo enuncia Sampieri (2014) sobre las metodologías descriptivas:

El análisis descriptivo expone el acontecimiento a través de su estudio en un suceso temporal y ayuda a entender que los rasgos externos del tema de análisis logran conectar con métodos transitorios, individuos, relaciones naturales y sociales. Basándose en esta tesis, es viable considerar, determinar y descifrar lo que está ocurriendo en este momento en las conexiones presentes en las investigaciones.

Conforme a lo presentado, este patrón de investigación admite detallar ciertas peculiaridades primordiales, de grupos análogos relativos a hechos específicos, empleando juicios metódicos que evidencien su organización o proceder, en este tema da a reconocer la postura de la industria productora y consumidora de poliestireno expandido, así como las recicladoras en cuanto a la problemática del cierre del ciclo de vida del EPS.

2.2 Técnicas de recolección de información

La técnica empleada para conseguir los hitos señalados en el presente análisis, que se tomó en consideración es la entrevista

2.2.1 Entrevista

A través de este tipo de instrumento se permite la recopilación de información específica cuyo desenlace es materializar por medio de estadísticas y datos compilados los que a través de cifras instituyan una media de afectación o comprobación de circunstancias concretas para que el autor del documento pueda adherir a su estudio.

En este problema propuesto se utilizó esta herramienta a través de un cuestionario con preguntas abiertas de tal modo que el entrevistado proporcione información amplia sobre el cierre de ciclo de vida del EPS.

2.3 Procesamiento y análisis

La aplicación de la herramienta para conseguir información, se efectuó con el registro de material bibliográfico afín al tema tratado en el presente trabajo, del cierre de ciclo del EPS. Por medio de entrevistas se recabo información de primera mano sobre su fabricación y el tratamiento final que aplican al poliestireno expandido en las industrias en las que lo realizan. Además, se obtuvo información de recicladores de base sobre los motivos por los cuales el espumaflex es uno de los materiales que no llevan para comerciar a las plantas recicladoras. Así como averiguar a las plantas recicladoras, donde no se recibe este material, cuál es el motivo de no hacerlo y en qué condiciones si lo recibirían.

Para determinar el volumen, el número de camiones y el costo aproximado de remediación en la que se incluye la gestión y disposición final del EPS se planteó las siguientes ecuaciones:

$$V_T = \frac{Gdiaria \times V_o}{Mmin}$$

Ecuación 1. Volumen Total de Residuos de EPS

Donde:

V_T = Volumen total

Gdiaria = Generación diaria de EPS en Quito

V_o = Volumen referencial

Mmin = Masa del EPS necesario para llenar el volumen referencial.

$$N \text{ de Camiones} = \frac{V_T}{V_o}$$

Ecuación 2. Número de camiones para transportar el EPS

$$\text{Costo} = V_T \times \text{Valor de remediación}$$

Ecuación 3. Costo de remediación (gestión y disposición final del EPS)

A través de la información recolectada tanto de fuentes bibliográficas y las fuentes primarias (entrevistados) se llegó a obtener una idea viable que permita el solucionar esta problemática sobre el cierre de ciclo del EPS.

Utilizando un diagrama de flujo se explica el tratamiento que se deberá dar al EPS post consumo hasta obtener un producto final, empezando por la separación en casa y la disposición en contenedores destinados para los residuos de productos de espumaflex o entregar en centros de acopio el material reciclado. Este diagrama se encuentra en la sección de anexos, específicamente en el Anexo II en el consta el Diagrama de flujo para el tratamiento adecuado del EPS

El formato de entrevista utilizado para recabar la información necesaria para el análisis se encuentra en la sección de anexos debido que se utilizara una estructura diferente para cada entrevistado, en total se realizó tres entrevistas de estas dos se realizaron a empresas u organizaciones: una que recicla o recibe el material de espumaflex y la empresa restante que no recibe el reciclaje del EPS y por último a un reciclador de base que acepto ser entrevistado, sin embargo, se preguntó a tres recicladores más sobre la posibilidad de entrevistarlos sobre el reciclaje del espumaflex pero no quisieron hacerlo, solo me respondieron que no reciclan dicho material debido a que no les conviene en cuanto al transporte y venta del mismo.

Cada una de las entrevistas se encuentra en la sección de anexos: empezando con el Anexo III en el consta la entrevista a la señora Elvia Andara, quien pertenece a la Asociación de Recolectores Artesanales de Materiales Reciclables por un Futuro Mejor, la

actitud de la señora fue muy agradable lo que permitió un claro entendimiento, logrando obtener respuestas claras y concisas sobre los planteamientos presentados en la entrevista.

Luego en el Anexo IV se tiene la entrevista a la empresa ECORECICLAJE quienes facilitaron la información por medio de mensajería instantánea.

Y para finalizar en el Anexo V se obtuvo la información a través de la señora Margarita Simbaña recicladora de base, una señora amable, sin embargo, se le notaba algo incomoda, situación que complico la entrevista en un principio ya que se generó una confusión de su parte al considerar que era necesario que ella recupere el material de EPS, luego de explicarle bien la situación se logró cumplir con el objetivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

- El volumen que ocupan estos residuos para alcanzar cierto peso como por ejemplo el de la generación diaria del poliestireno en la ciudad de Quito cuyo valor es de 16.58 ton/día de acuerdo con los valores de la tabla 5, y considerando el dato mencionado por Samper *et al.* (2008) llenar un volumen de 70 m³ se requiere entre 700 a 1700 kg de EPS reciclado.

Para cuestiones de cálculo se tomará el valor mínimo en el rango de peso del EPS reciclado.

Solución:

$$V_T = \frac{16.58 \text{ ton} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times 70 \text{ m}^3}{700 \text{ kg}} = 1658 \text{ m}^3$$

Como se observa es un volumen muy alto lo que encarecería su transportación a los sitios de procesamiento ya que requeriría:

$$N \text{ de Camiones} = \frac{1658 \text{ m}^3}{70 \text{ m}^3} = 23.68 \text{ es decir alrededor de } 24 \text{ camiones}$$

En cuanto al costo de remediación es decir la gestión de los residuos de EPS y su disposición final, se tiene el dato mencionado por Flores (2016) citado por Terán (2017) de 12000 USD/m³:

$$\text{Costo} = 1658 \text{ m}^3 \times 12000 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3} = 19896000 \text{ USD}$$

Un costo muy alto que complica la gestión correcta de este material, considerando que estos valores son correspondientes a lo generado en un día.

- A partir de las entrevistas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados sobre la problemática que representa el reciclaje de los productos provenientes del poliestireno expandido:
 - Es un material muy liviano y ocupa mucho espacio lo que complica su transportación
 - El valor que le dan a cada kilo del material reciclado es muy bajo alrededor de 0.40 USD/kg
 - Muchas de las recicladoras no cuentan con la maquinaria necesaria para realizar el tratamiento adecuado al poliestireno expandido
 - Las empresas o recicladoras que reciben el espumaflex, consideran solo productos para empaque y protección de electrodomésticos o los que se haya recuperado de construcciones utilizados como aislamiento ya que son los menos contaminados mientras que los envases y recipientes de comida suelen estar muy manchados por lo que es necesario que se les haya lavado muy bien previamente.

Todos estos motivos complican la gestión de estos residuos ya que diferentes gestores pierden interés en reciclar este material ahondando más la problemática

Por otro lado, existen empresas que realizan cierto tratamiento al EPS como es el caso del Graham Reciclaje, quienes reciben pedazos o estructuras conformados por espumaflex como se puede observar en la figura 4



FIGURA 4. Espumaflex reciclado Fuente: (Graham Reciclaje, 2015)

El material reciclado que reciben es papel, cartón, plásticos, metales, espumaflex y maderas, luego es pesado y clasificado tal como se puede verificar en la figura 5. Luego del tratamiento aplicado se pone a la venta como materia prima para la fabricación de nuevos productos

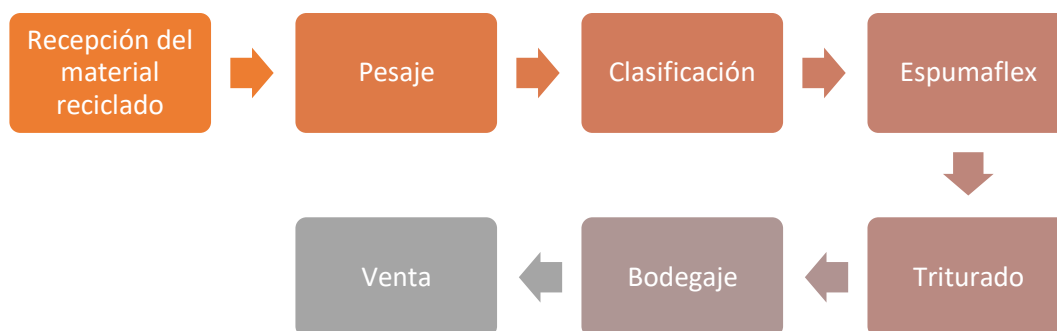


FIGURA 5. Proceso de reciclaje del EPS Fuente: (Graham Reciclaje, 2015)

Este material luego del tratamiento realizado por la empresa Graham podría continuar su proceso de reciclaje a través del método de disolución - precipitación estudiado por Quiroz *et al.* (2015) disolviéndolos en tetrahidrofurano (THF) y la precipitación realizada con etilenglicol (EG) mientras se agita mecánicamente de forma continua. Luego, el polímero producto de la precipitación es separado por filtración y se procede a secar, moler y lavar dando como resultado polímeros semejantes al poliestireno, a los cuales se podría reprocesar sea por inyección o extrusión y obtener nuevos productos. Para alcanzar estos resultados se utiliza una disolución de 30% de EPS con una precipitación en relación volumétrica de THF/EG de 1/3.

Utilizando el EPS reciclado por la empresa Graham se realizó el estudio comparativo de resistencia a la compresión de bloques tradicionales con bloques a base de poliestireno expandido granular dando como resultados resistencia a la compresión menor al tradicional pero mayor a los valores normados. Adicional a esto se obtuvo una disminución en la densidad por lo que se consideran como bloques ligeros ideales para el alivianamiento de la losa (Chicaiza Llumipanta, 2017)

Otra empresa llamada SurBlock S.A utiliza el reciclaje químico, para lo cual se coloca el material en una máquina diseñada para dicho proceso. Posteriormente se mezcla con distintos aditivos hasta obtener un concentrado de EPS de consistencia similar a la miel, dando como resultado la materia prima para fabricar pinturas de alto tránsito como la que se observa en la figura 6.



FIGURA 6. Pintura de alto tráfico Fuente: (Surblock Company S.A, 2020)

Kubiec S.A fabrica paneles de hormigón alivianados. Para este propósito emplea un método mecánico de reciclaje sobre el EPS seleccionando y separando el material en mejores condiciones para triturarlo y mezclarlo con materia prima virgen y a través de un proceso de pre-expansión obtener las perlas de poliestireno expandido CEMPRE (1998), tal como se puede distinguir en la figura 7.

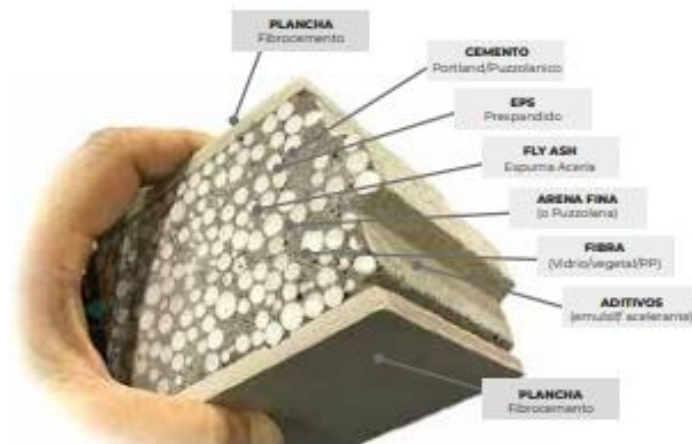


FIGURA 7. Corte de un panel de hormigón alivianado Fuente: (Kubiec, 2018)

Como se aprecia en la figura 8, la cadena productiva tiene una tendencia clara hacia el sector de la construcción tal como se puede determinar con los estudios revisados de las distintas iniciativas

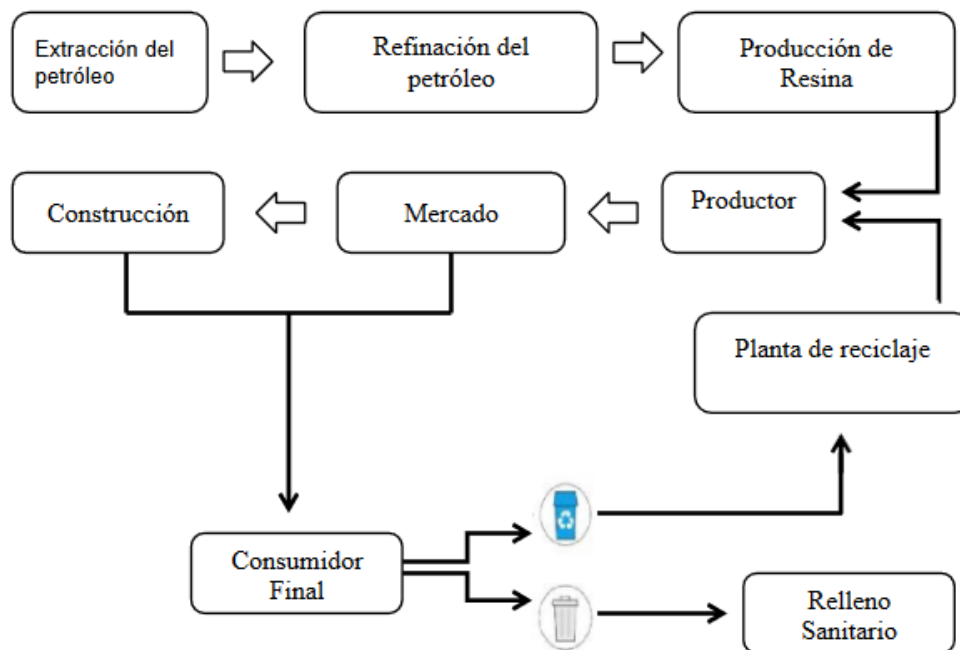


FIGURA 8. Cadena de producción del EPS Fuente: (CuentamedelUnicel, 2018)

En cuanto a la gestión final de este tipo de residuos (EPS) implementados en Latinoamérica lo encabeza Brasil, quienes alcanzaron a reciclar alrededor del 34.5 % de residuos de EPS y retirando de rellenos y vertederos unas 13570 toneladas de las 39340 toneladas generadas. Cifras que corresponde al año 2012 (García, 2019)

México cuenta con un Plan Nacional de Residuos de Poliestireno el cual fue diseñado en el año 2018 por el gobierno y las principales empresas recicladoras de EPS. El objetivo de dicho plan es el fortalecimiento del actual reciclaje y valoración de los residuos, el consumo en México está por sobre las 125000 toneladas de esto corresponde un 24% empleadas para envases y recipientes para alimentos y bebidas.(CuentamedelUnicel, 2018)

3.2 Discusión

Con base en los resultados obtenidos el cierre de ciclo del poliestireno expandido tiene una serie de dificultades, empezando por la inacción de las autoridades en cuanto a la implementación de políticas que fomenten el reciclaje de este tipo de material. A esto es necesario añadir el desinterés por parte de los distintos gestores debido a la falta de incentivos para realizar el reciclaje adecuado del EPS. Las personas que realizan este tipo de reciclaje son claros al exponer lo complicado que es el transporte de este material a los centros de acopio, ya que requieren ocupar un volumen muy alto para un valor significativo de peso, por ejemplo, para un 1kg de residuos de EPS con un valor de 40 ctvs. De dólar se requiere llenar un volumen de 1 m³.

Sin embargo, existen muchas iniciativas encaminadas a desarrollar procesos sostenibles de reciclaje para este material, reciclándolo de forma mecánica para obtener materia prima, sea para la fabricación de nuevos productos en el sector de empaquetamiento y embalaje o para utilizarlo como agregado en la construcción, para reducción del peso de losas o como aislante, sea térmico o acústico. Adicionalmente, se conoce al reciclaje químico con el cual se puede utilizar la materia prima de dicho proceso en la fabricación de pinturas, o los reciclajes por disolución que permiten reducir el volumen del EPS reciclado y en el cual se ha ido reemplazando disolventes perjudiciales con el ambiente por sustancias naturales como es el caso del D-limoneno y obteniendo resultados positivos en su aplicación.

Los modelos de gestión implementados en otros países tienen cierta eficacia para mitigar la problemática producida por la generación excesiva de EPS post consumo, evaluar y analizar estos modelos para determinar pautas o premisas que lleven a plantear una estrategia razonable para la problemática actual en el país.

En todas estas iniciativas es clara la ausencia de las autoridades competentes, motivo por el cual la gestión adecuada de estos residuos sigue trastabillando, de todas maneras, es posible implementar un plan de acción que permita encaminar de manera correcta la gestión final o cierre de ciclo del poliestireno expandido. Para esto es necesario iniciar desde los propios hogares, pasando por las unidades educativas, centros comerciales, de eventos, estadios y así hasta cubrir la ciudad completa con información que concientice a la comunidad sobre la importancia de reusar, reducir y reciclar este tipo de material.

Una propuesta viable para implementar en la ciudad de Quito tiene que enfocarse en corregir ciertos aspectos fundamentales para que la gestión final del EPS sea eficiente. Esto significa el considerar las mejoras a la infraestructura destinada al procesamiento de este material y en el caso de no existir instalarla. Por otro lado, el rol de las autoridades es necesario para que se establezca una normativa que abarque de mejor manera el tratamiento final de estos residuos, incluyendo planes de incentivo para que exista el interés por parte de gestores y recicladores de base. Por último, es necesario promover una educación ambiental acorde a la situación actual del país de tal manera que la sociedad tome conciencia de la realidad por la que atraviesa el ambiente y las acciones que se deben tomar para remediar en algo las afectaciones que se vislumbran.

Poniendo en marcha esta propuesta se pretende mejorar el cierre de ciclo del poliestireno expandido, para lo cual se espera que el reciclaje del mismo sea visto de una manera diferente a la actual permitiendo obtener mayor cantidad de productos reciclados para

lograr ingresarlos a la cadena productiva. Para cumplir esta premisa sería necesario que se adopte un procedimiento de reciclaje que conste de:

- Limpieza y separación en los hogares
- Recolección selectiva y entrega voluntaria en centros de acopio

Luego de haber realizado los pasos anteriores será la empresa o planta recicladora quien tomará la decisión de que tipo de tratamiento darle al producto reciclado.

Es necesario que se implemente un modelo de responsabilidad compartida, así cada actor de la cadena puede cumplir a cabalidad su parte dentro del ciclo de vida del producto. Para poder determinar el cumplimiento de esta propuesta es necesario plantearse metas de recolección y aprovechamiento del EPS reciclado.

La colaboración y participación activa de fabricantes, gobierno, consumidores, gestores y recicladores de base es y será importantísima en la ejecución de esta propuesta, en este caso también es importante el implementar programas de formación, capacitación y sensibilización para la población en general.

Para plasmar la propuesta más viable para solucionar la problemática planteada en esta investigación fue necesario elaborar una guía que permita tanto al usuario final, empresas y recicladores del EPS darle un cierre adecuado al mismo. Esta guía se encuentra adjunta como:

- Anexo VI: Guía general para un cierre de ciclo adecuado para productos de espumaflex

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La realidad en cuanto al reciclaje de poliestireno expandido en la ciudad de Quito es muy compleja y todo inicia desde el poco interés por parte de las autoridades de turno, existen muchos ejemplos a seguir en el exterior, para implementar una política acorde para el procesamiento adecuado de este material, de hecho, muchas de las iniciativas y emprendimientos siguen procesos aplicados en otros países con resultados favorables para sus intereses.

La falta de incentivos en el reciclaje de espumaflex es una gran problemática que frena esta actividad ya que se requiere de una cantidad importante de material para obtener una buena remuneración a esto toca agregar el espacio ocupado por estos residuos. Esto mueve a que las recicladoras y recicladores de base no recojan este material para venderlo.

Muchas empresas que reciclan el EPS utilizan los residuos (cortes y sobrantes) provenientes de la elaboración de productos de poliestireno expandido, en especial los que son destinados para empaque y protección, ya que no requieren de tratamientos previos y pueden ingresar de manera inmediata al tratamiento que ellos utilizan para producir la materia prima que se empleará para la venta o elaboración de nuevos productos.

Cuando las empresas fabrican envases de espumaflex para alimentos y bebidas el material reciclado tiene que superar una serie de requisitos como no estar manchados y limpios, requisitos que impiden un reciclaje adecuado de envases y recipientes por parte de los recicladores de base y organizaciones recicladoras

En las iniciativas estudiadas el reciclaje de espumaflex tiene como finalidad producir materia prima que sirva en la construcción, desde la elaboración de pinturas, aislamiento, como agregado para concreto, en especial en esta última no existe limitación en cuanto a los productos reciclados.

4.2 Recomendaciones

Las autoridades de turno tienen la responsabilidad de implementar un modelo de gestión acorde para el reciclaje de este tipo de residuos (EPS), ya que al terminar en los rellenos sanitarios ocupan demasiado espacio, llenándolos rápidamente, generando muchos problemas ambientales para la ciudad.

Es de vital importancia el concientizar a la sociedad sobre la problemática que genera el no tratar de manera correcta los residuos de EPS, en especial los envases de alimentos y de bebidas, los cuales se desechan luego de haber consumido el producto que venía en su interior. A muchos de estos se los podría reutilizar para el fin para el que fueron creados luego de lavarlos, o reciclarlos y usarlos como macetas o para almacenar variedad de objetos.

El incentivar el reciclaje del EPS es prioritario ya que, a pesar de las iniciativas de ciertos gestores y organizaciones, este proceso es muy limitado ya que la recuperación de este material no llega ni al 5% de lo que se genera diariamente, esto debido a que son muy pocas las personas y organizaciones que lo reciclan.

Las autoridades deberían enfocarse en iniciativas y proyectos donde reciclan el EPS para producir materia prima utilizada en la fabricación de diversos productos o para emplearlos en el sector de la construcción, ya que, las condiciones en las que se solicita el material reciclado es que estén limpios, facilitando el proceso de recuperación del EPS.

Se debe analizar y evaluar los procedimientos implementados en otros países donde el sistema de gestión para los residuos de EPS es eficaz. Esto permitiría tomar decisiones razonables para la implementación de un sistema de gestión que mitigue las afectaciones ambientales producidas por los residuos de espumaflex.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAPE. (2011). *Propiedades del EPS*. <http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>
- ANAPE. (2022a). *Envase/Embalaje*. ANAPE. <https://anape.es/envase-embalaje/#aplicaciones>
- ANAPE. (2022b). *Opciones de Reciclaje en España*. https://anape.es/wp-content/uploads/OPCIONES-RECICLADO-EPS-V_2022.pdf.
<https://anape.es/descargas/reciclado/>
- ANAPE. (2022c). *Reciclado*. <https://anape.es/reciclado/#eps>
- Arandes, J. M., Bilbao, J., & Valerio, D. L. (2004). *RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICOS*.
- Arriola Lara, E. A., & Velásquez Martell, F. E. (2017). *Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)*.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/161014>
Accepted: 2017-03-02T16:29:11Z
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2021). *Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva*.
<https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/Leyes%202013-2017/702-dsoliz/ro-488-4to-supl-06-07-2021.pdf>
- Barnetson, A. (2004). Expanded polystyrene: Development, processing, applications and key issues. *Shrewsbury: Handbook of Polymer Foams*, 37–54.
- Cáceres, M. A., Soto, M. S., Maspoch, M. L., Sánchez, M., & Rojo, A. S. (2015). *DESARROLLO DE UN PROCESO DE RECICLAJE PARA LA FRACCIÓN MIXTA DE RESIDUOS DE PLÁSTICO, PROVENIENTES DE PLANTAS DE SEPARACIÓN SELECTIVA*.
- CEMPRE, U. (1998). *Residuos Sólidos Urbanos, Manual de Gestión Integral*.
https://cempre.org.uy/docs/manual_girsu/capitulo_1_y_capitulo_2.pdf

- Chicaiza Llumipanta, V. A. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial del agregado grueso* [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil].
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/26499>
Accepted: 2017-10-24T00:52:10Z
- CuentamedelUnicel. (2018). *Resumen Ejecutivo: Plan Nacional de Manejo de Residuos de EPS*. <https://cuentamedelunicel.com/portfolio/resumen-ejecutivo-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps/>
- ECOTEC. (2022). *EPS Propiedades Físicas*. <https://ecotecpanama.com/wp-content/uploads/2022/06/EPS-PROPIEDADES-FISICAS.pdf>.
<https://ecotecpanama.com/que-es-el-poliestireno-expandido-eps/>
- EMASEO. (2013). *El mundo de los residuos. Material de capacitación*.
- EMGIRS. (2020). *Informe de Caracterización de RS BID*.
<https://www.emgirs.com/index.php/component/phocadownload/category/108-modelo-de-gestion?download=1829:5-informe-de-caraterizacion-de-rs-bid-pdf>.
<https://www.emgirs.com/index.php/zenkit/nuevo-modelo-de-gestion>
- Flores, J. G. (2016). *Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Reforman Los Artículos 7, 19, 33, 98 Y 106 De La Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos*.
https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/iniciativas/INIC102-EXP1972.pdf
- Garcia, N. (2019). *EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN POSCONSUMO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) UTILIZADO EN EL ENVASE DE ALIMENTOS EN COLOMBIA*.

- Graham Reciclaje. (2015). *Ficha Ambiental*. <https://www.grahamreciclaje.com/ficha-ambiental.html>
- Greenmax. (2018, julio 1). compactadora de poliestireno: La creciente demanda de productos EPS impulsa el reciclaje de residuos de EPS. *compactadora de poliestireno*. <https://compactadora-de-poliestireno.blogspot.com/2018/07/la-creciente-demanda-de-productos-eps.html>
- Horvath, J. (1999). *Lessons Learned from Failures Involving Geofoam in Roads and Embankments*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22853.91367>
- INEN. (2012). *NTE 2634:2012*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2634.pdf>.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2634.pdf>
- INEN. (2014). *RTE INEN 100*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-100.pdf>
- John, S., & Javna, J. (2009). *50 COSAS SENCILLAS QUE TU PUEDES HACER PARA SALVAR LA TIERRA*. RBA.
- Kubiec. (2018, octubre 26). *PANELEGO*. *Kubiec*. <https://kubiec.com/panelego/>
- López, C. M., & Canepa, J. R. L. (2013). POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) Y SU PROBLEMÁTICA AMBIENTAL. *Kuxulkab'*, 19(36), Art. 36.
<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a19n36.339>
- Maharana, T., Negi, Y. S., & Mohanty, B. (2007). Review Article: Recycling of Polystyrene. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Review-Article%3A-Recycling-of-Polystyrene-Maharana-Negi/282b5270017c327ab8a5f07fae5b6de697d6b9a4>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios*. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf.

- <https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-ministerial-no-061-reforma-libro-vi-texto-unificado-legislacion-secundaria>
- PlasticsEurope. (2013). *Plastics—The Facts 2013*. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2013-Plastics-the-facts.pdf>
- Poletto, M., Dettenborn, J., Zeni, M., & Zattera, A. (2011). Characterization of composites based on expanded polystyrene wastes and wood flour. *Waste management (New York, N.Y.)*, 31, 779–784. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.027>
- Quiroz Carranza, J., Cantú Gutiérrez, C., & Alzate Gaviria, L. (2008). *De lo desechable a lo reciclable: Manejo y aprovechamiento comunitario de residuos generados por actividades humanas* (1 ed). CICY ; SEDESOL ; INDESOL.
- Quiroz, F. J., Saltos, P., Aldás, M., & Chango, J. I. (2015). Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación. *Revista Politécnica*, 36(2), Art. 2. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/592
- Ramos Carpio, M. A., & María Ruiz, M. R. de. (1988). *Ingeniería de los materiales plásticos*. Díaz de Santos. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=74813>
- Rojas, G. H. C., Méndez, Y. J. G., & Díaz, L. N. S. (2020). *Iniciativas relacionadas con economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (poliestireno expandido EPS)*.
- Samper, M. D., Rico, M. I., Ferrandiz, S., & López, J. (2008). Reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido. *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*, 8.
- Schmidt, P. N. S., Cioffi, M. O. H., Voorwald, H. J. C., & Silveira, J. L. (2011). Flexural Test On Recycled Polystyrene. *Procedia Engineering*, 10, 930–935. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.153>

Subramanian, P. M. (2000). Plastics recycling and waste management in the US.

Resources, Conservation and Recycling, 28(3), 253–263.

[https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(99\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(99)00049-X)

Teran, I. D. (2017). *DIAGNOSIS DEL CONSUMO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LOS PATIOS DE COMIDA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU SUSTITUCIÓN*

[BachelorThesis]. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/2185>

Accepted: 2018-02-10T02:24:36Z

ANEXOS

ANEXO I. Certificado de originalidad



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
CAMPUS POLITÉCNICO "ING. JOSÉ RUBÉN ORELLANA"

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, 02 de marzo de 2023

De mi consideración:

Yo, Santiago Stalin Guerra Salcedo, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado "Evaluación del cierre de ciclo de diversos tipos de empaques de poliestireno comercializados en el Distrito Metropolitano de Quito" elaborado por el estudiante Alejandro Charpentier Maldonado de la carrera en RRA20 Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito secciones: resumen, abstract, introducción, metodología, discusión y resultados, conclusiones y recomendaciones, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 9%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Santiago Guerra Salcedo
Docente
ESFOT

ANEXO II. Informe de originalidad

Tesis Final

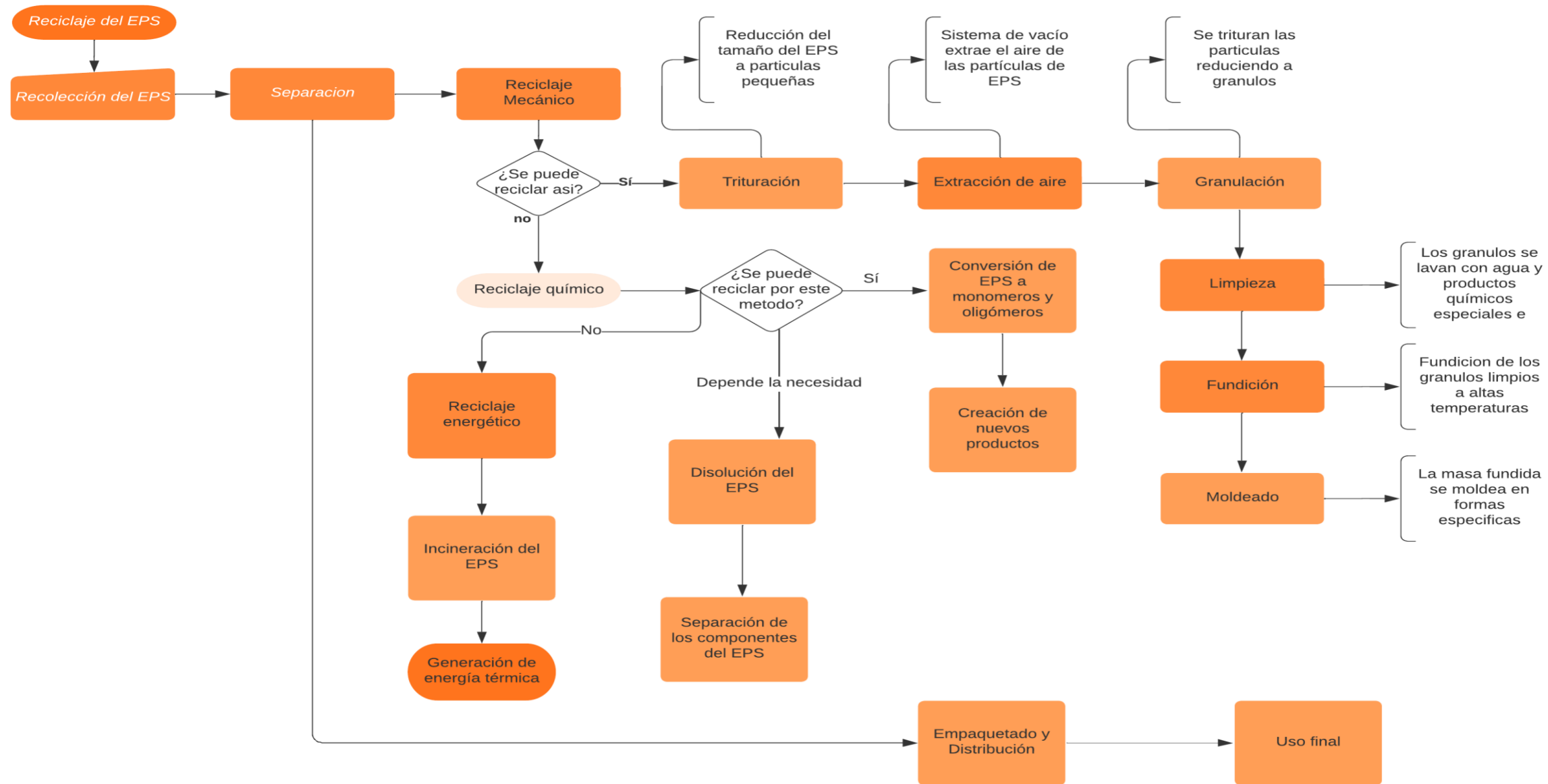
INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uees.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Pontificia Universidad Catolica Madre y Maestra PUCMM Trabajo del estudiante	1%
5	vsip.info Fuente de Internet	<1%
6	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1%
7	repository.eia.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
9	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

ANEXO III. Diagrama de flujo de los métodos de reciclaje del EPS



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO IV. Formato de Entrevista para Empresas que reciclan poliestireno expandido

Señora Elvia Andara (Asociación de Recicladores Artesanales, de Materiales Reciclables por un Futuro Mejor)

1. ¿El material que reciben de que tipo de productos proviene?

Recuperamos de envases de comidas y bebidas

2. ¿En qué condiciones reciben este material?

En cualquier condición por lo general están sucios por lo que tenemos que limpiarlos.

3. ¿Aproximadamente cuanto reciclan de EPS?

Al mes recuperamos unos 400 a 500 kilos

4. ¿Reciben algún valor por una cantidad determinada del poliestireno expandido?

Recibimos 40 ctvs. de dólar por cada kilo de EPS recuperado

5. ¿Cómo realizan el proceso de reciclaje al EPS?

Nosotros recibimos el material reciclado en centros comerciales, a pie de vereda o en condominios.

6. ¿Qué tipo de tratamiento dan al poliestireno expandido que reciclan?

Receptamos el material, lo clasificamos, limpiamos, almacenamos y pesamos

7. ¿Cuál es la finalidad del tratamiento dado al EPS?

El vender a empresas interesadas, y de ahí si no sabría decirle que uso le dan esas empresas.

8. ¿Que se debería hacer para realizar un reciclaje similar a plásticos o materiales que, si se recibe normalmente en cualquier recicladora, considerando las cualidades y prestaciones que presenta el EPS?

Realmente es complicado debido a que para obtener algo de ganancias se requiere de mucho del material reciclado ya que su peso es muy ligero y ocupan mucho espacio, sin embargo, se debería exigir tanto a las recicladoras como a las empresas que elaboran productos con este material que se hagan cargo del reciclaje de esos productos desechados, además que las autoridades deberían concientizar a la sociedad sobre la

importancia de reciclar estos productos para que no terminen en botaderos de basura, ríos o en mares y afecten aún más al medio ambiente, y deberían incentivar en el reciclaje de estos productos, poniendo algún valor base para su venta.

ANEXO V. Formato de entrevista para empresas o recicladoras que no reciben el material de EPS

ECORECICLAJE

1. ¿Cuál es el motivo por el que no reciclan el EPS o lo reciben de recicladores de base?

El mercado para ese material es muy pequeño por lo que no beneficia invertir en el reciclaje del mismo

2. ¿En qué condiciones recibirían este tipo de material?

Si reciclaría espumaflex solo recibiría aquellos residuos limpios que provengan del empaque y protección de electrodomésticos ya que sería más fácil el conseguir compradores

3. ¿Qué consideraría conveniente para empezar a recibir el espumaflex como material reciclado?

Que el estado garantice incentivos para las recicladoras que reciben este material ya que como se mencionó el mercado es muy limitado e inconveniente para invertir

4. ¿Cómo se debería valorar y que incentivo económico se debería dar a este material para un efectivo reciclaje a nivel nacional?

Las condiciones del material reciclado entre más limpio y más reducido es más sencillo procesarlo para transformarlo en materia prima

5. ¿Que deberían hacer las autoridades para incentivar el reciclaje del EPS?

Anexo VI. Formato de entrevista a recicladores de base

Sra. Margarita Simbaña

1. ¿Aproximadamente que cantidad de plástico es el que recolecta diariamente?

Alrededor de unos 10 kilos si los plásticos están separados o no están hasta el fondo en los contenederos

2. ¿En dicha cantidad también hay productos de espumaflex?

No, ese material no recibe en las recicladoras

3. ¿Cuáles son las razones por las que no reciclan espumaflex?

Es muy difícil de llevar, además que muchos están con restos de comida o son muy grandes y livianos por lo que en esas empresas no dan nada por ellos

4. ¿Ha llevado alguna vez este material para venderlo a alguna recicladora?

Si lleve en una ocasión, habían dejado junto al contenedor esos protectores de las refrigeradoras, eran grandes por lo que sí estuvo difícil el llevarlos junto con las botellas y para que no me reciban toco dejar en otro contenedor por ahí cerca.

5. ¿Cuál o cuáles son las dificultades que se presentan al momento de reciclar este tipo de material?

Si son recipientes de comida por lo general están sucios y cuando son empaques o protecciones de electrodomésticos ocupan mucho espacio y no hay muchas recicladoras que reciban ese material por lo que no vale.

6. ¿En qué condiciones ha entregado este material a recicladoras o empresas?

Desde esa vez que lleve esas protecciones y no me recibieron no he vuelto a llevar ese tipo de material.

7. ¿El pago por este material cree que es justo para lo que significo su reciclaje?

No vale nada

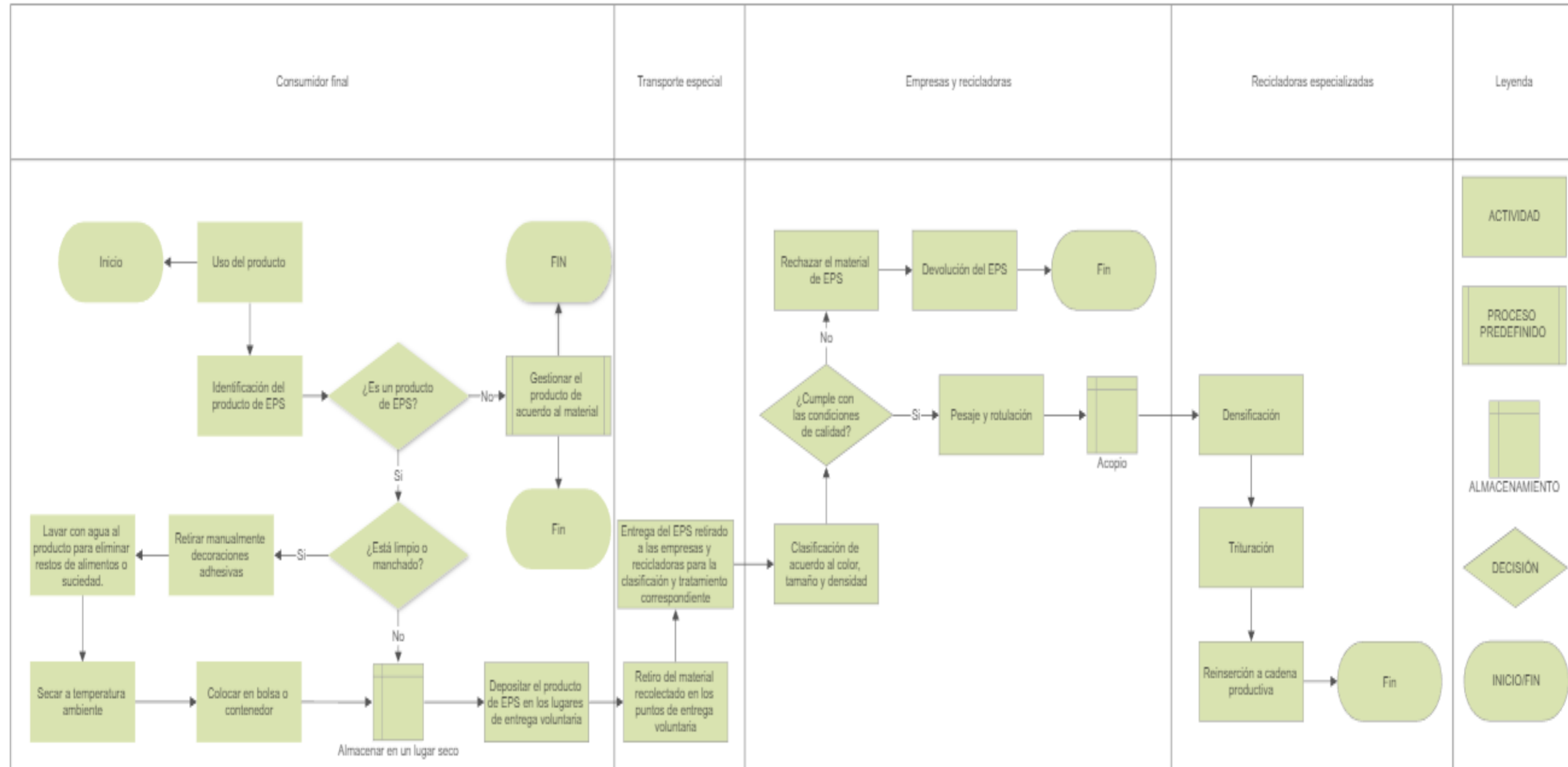
8. ¿Qué se debería hacer o deberían hacer las autoridades para que el reciclaje de este tipo de material tenga la misma acogida como la del plástico PET?

Deberían obligar a las empresas recicladoras y a las que los fabrican productos con ese material a recibirlo y poner un valor adecuado para incentivar a su reciclaje.

Anexo VII. Guía para un cierre de ciclo adecuado para productos de espumaflex.

La guía para el cierre de ciclo viene adjunta al documento de la tesis, sin embargo, anexo el diagrama de flujo del cierre adecuado del poliestireno incluido en la guía.

[GuiaCierredeCicloEPS_ACharpentier.pdf](#)



Fuente: Elaboración Propia