

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Análisis del Ciclo de Vida del Unicel

Por:

DIANA LAURA RAMIREZ SANCHEZ.

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Análisis del Ciclo de Vida del Unicel

Por:

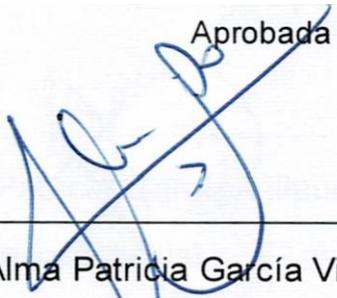
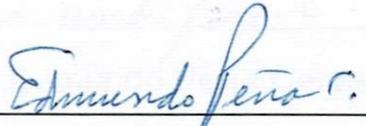
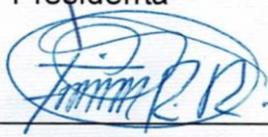
DIANA LAURA RAMIREZ SANCHEZ

MONOGRAFÍA

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Jurado Examinador

 _____	 _____
Dra. Alma Patricia García Villanueva Presidenta	Dr. Edmundo Peña Cervantes Vocal
 _____	 _____
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos Vocal	Dr. Víctor Samuel Peña Olvera Vocal Suplente
	 _____
	M.C. Sergio Sánchez Martínez Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Análisis del Ciclo de Vida del Unicel

Por:

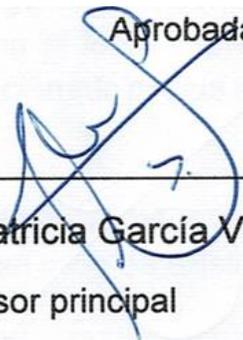
DIANA LAURA RAMIREZ SANCHEZ

MONOGRAFÍA

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

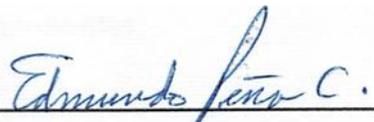
Aprobada por el Comité de Asesoría:



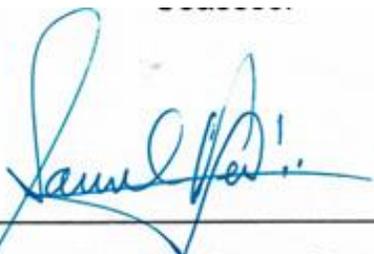
Dra. Alma Patricia García Villan
Asesor principal



Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor



Dr. Víctor Samuel Peña Olvera
Coasesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

- Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega): reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio).
- Comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos , ilustraciones, graficas, mapas , o datos sin citar al autor original y/o fuente bibliográfica.
- Tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Diana Laura Ramirez Sanchez

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias padre celestial por siempre bendecirme y guiarme en cada paso que doy, por darme salud y regresarme con bien a casa.

A mi Alma Terra Mater

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, estoy eternamente agradecida por brindarme una maravillosa oportunidad de realizarme profesionalmente en tus aulas y tengo la certeza de lo que la universidad ha sembrado en mí no será en vano.

A la Dra. Alma Patricia García Villanueva

Por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de investigación bajo su asesoría, conocimientos, sugerencias, y tiempo para poder terminar este proyecto.

A la M.C Alejandra Escobar Sánchez

Por su apoyo, confianza, enseñanzas y por brindarme la oportunidad de ser aceptada en la universidad.

Agradezco a mis maestros formadores

Personas con gran sabiduría e inteligencia con la que imparten sus clases, por su dedicación y tiempo, quienes se han esforzado para ayudarme a llegar al punto en donde me encuentro.

A mis Amigos

Flor Garnica, Wulfrano Borrallés, Dulce Mendoza, Christian Aguilar, Patricia Valle y Sergio Montelongo, estoy completamente segura que nuestra amistad durara para siempre. Quiero agradecerles por toda la alegría que le dan a mi vida, con

ustedes las dificultades se hicieron menos pesadas, gracias por el apoyo inmenso y las pláticas motivacionales, siempre los llevare en mi corazón.

A todos los compañeros con los que la universidad nos cruzó en el camino les deseo éxito y a todas aquellas personas con las que logré coincidir y me extendieron la mano, con las cuales compartí alegrías y conocimientos.

DEDICATORIA

A ti Padre Celestial que me has permitido vivir y concluir esta etapa.

A mi MADRE

María del Carmen Sánchez Villatoro Sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo, quiero que sepas que el objetivo logrado también es tuyo y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue tu apoyo, con AMOR y admiración, muchas gracias.

A mi PADRE

José Ángel Ramírez Ventura Gracias por formar parte en traerme a la vida, vida que agradezco y que hoy me doy cuenta que puedo lograr lo que me propongo.

A mi HERMANO

José María C. Ramírez Sánchez por estar presente y por darme la mano cuando más lo necesito, te amo inmensamente.

Al Ing. Darinel Gálvez Pérez

Tu ayuda fue fundamental, estuviste conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome, ayudándome, enseñándome y brindándome tu apoyo y tu amor, hasta donde nuestros caminos lo permitieron. Te lo agradezco eternamente.

A mis Abuelos Maternos

Salvador Odilio Sánchez Alvarado (†) y Angélica Villatoro Moreno, por el cariño y apoyo que me brindaron.

A mis Abuelos Paternos

Abraham Ramírez Velasco y Delia Ventura Vásquez (†), por todos los buenos consejos, amor y apoyo que me brindaron.

A mi tía Nely

Gracias por haberme brindado su apoyo incondicional durante todos estos años por qué a pesar de las dificultades que presenta la vida siempre ha sabido animarme a salir adelante a no rendirme y estar ahí siempre para mí.

A mi Familia (tíos, primos y sobrinos)

No fue fácil el camino para llegar hasta donde estoy, pero gracias a su apoyo, a su amor incondicional, a su enorme amabilidad y acompañamiento, lo difícil se hizo más fácil y llevar a feliz término este proyecto que se hizo una realidad, también debo dar las gracias por apoyarme en cada elección y emprendimiento, les agradezco y alzó la voz de mi enorme aprecio hacia ustedes, mi QUERIDA FAMILIA Ramírez Ventura y Sánchez Villatoro.

Índice

Introducción	1
Revisión de literatura	3
Poliestireno Expandido	3
Proceso de fabricación y producción de productos de Poliestireno Expandido (EPS)	14
Impacto ambiental general en el proceso de fabricación del Poliestireno	15
Categoría de Impactos ambientales específicos	20
Reciclaje del Poliestireno	21
Reciclaje químico	21
Reciclaje mecánico	22
Reciclaje térmico	22
Manejo actual del residuo en México	22
Gestión de los residuos	23
Gestión de residuos de EPS en Latinoamérica	23
Gestión de residuos de EPS en Estados Unidos	25
Gestión de residuos de EPS en Europa	25
Entidades recicladoras en México	27
Tecnologías Rennueva	27
Dart de México	29
Marcos & Marcos	30
Análisis de riesgos	31
Conclusiones	32
Literatura citada	34

Índice de figuras

Ilustración 1. Hermann Staudinger	5
Ilustración 2. Perlas de poliestireno	6
Ilustración 3. Instalaciones de BASF	7
Ilustración 4. Símbolo de clasificación del plástico	9
Ilustración 5. Subproductos derivados del poliestireno	10
Ilustración 6. Distribución de la capacidad instalada en la producción de EPS	11
Ilustración 7. Ciclo de vida de empaques de poliestireno	11
Ilustración 8. Proceso de expansión	13
Ilustración 9. Proceso del poliestireno a escala industrial	15
Ilustración 10. Eco-indicador "99	19
Ilustración 11. Proceso de pirolisis	21
Ilustración 12. Tratamiento de residuos de envases plásticos en Europa	26
Ilustración 13. Grafica de la entidad reciclada en toneladas	28
Ilustración 14. Contaminación por EPS	32
Ilustración 15. Consumo Excesivo de unicele	32

Índice de tablas

Tabla 1. Reporte semestral de acopio Fuente: renueva.com 28
Tabla 2. Indicadores ambientales que se han podido mitigar 29

Introduccion

El unicel es un material no biodegradable ya que no cuenta con un sustrato nutritivo para los microorganismos, en la naturaleza sólo se puede dividir en moléculas mínimas hasta llegar a convertirse en micropartículas, las cuales llegan al mar y son ingeridas por diversas especies causando su muerte. “El tiempo que tarda en degradarse es de cientos de años aproximadamente y contribuye en la creación de islas de basura debido a su acumulación masiva” (Martínez & Lines, 2019).

Dentro de los basureros el unicel cuenta con tres opciones, una de ellas es ser desechado como relleno sanitario, tambien pueden ser colectados para ser reciclados por empresas recicladoras o bien, puede ser incinerado, este proceso implica el uso de temperaturas sumamente altas dentro de las cuales los residuos emiten gases, estos a su vez han sido catalogados por el Buró Nacional del Centro de Estándares para la Investigación del Fuego de Estados Unidos de América como altamente dañinos.

El componente básico de unicel es el estireno, un químico catalogado como cancerígeno ya que al entrar en contacto con el calor emite una serie de compuestos químicos dañinos para la salud.

Lo preocupante es que para los próximos años la industria del plástico espera duplicar sus cifra, lamentablemente, sólo 9 por ciento de este material se ha reciclado y 12 % ha sido incinerado, con las complicaciones ambientales que esto conlleva. El 79 % del plástico producido desde 1950 terminó en rellenos sanitarios, sin ningún tipo de valorización o recuperación. Este es el verdadero problema (Rivas,2019).

Todo desechable, con la promesa de hacer la vida más fácil. No cargar artículos para la comida, no lavar o, simplemente, tomar la opción de comer/beber rápido en un ritmo de vida acelerado ha resultado en una cultura de usar-tirar que hace que 12.7 millones de toneladas de plásticos terminen en los océanos, afectando

a más de 700 especies entre aves playeras, mamíferos marinos, crustáceos, peces e, incluso, los corales. Prácticamente ningún ser vivo se salva de la contaminación plástica, cada vez más evidente en las noticias sobre mamíferos marinos con una gran cantidad de plástico al interior de sus estómagos o tortugas marinas con trozos incrustados de esta vida desechable.

Es por eso que en este trabajo se plantea el ciclo de vida del unicel para dar a conocer más a detalle sobre la elaboración, manejo, desecho y reciclaje de los mismos.

Revisión de literatura

Poliestireno Expandido

El poliestireno expandido, mejor conocido como unicel, es un material liviano que deriva de un polímero del estireno obtenido del petróleo y que no es degradable (ANAPE, 2022).

La historia del unicel inicia con el descubrimiento del polietileno en la década de 1930 (Demirors, 2011), lo que derivó en diferentes tipos de éste, entre ellos el poliestireno expandible o expandido (EPS, por sus siglas en inglés de expandible polystyrene) que se inventó en 1949 (Raps *et al.*, 2015) y que actualmente tiene múltiples aplicaciones en diferentes industrias en donde se utiliza para empaquetar materiales y equipos, transportar y proteger alimentos y como aislante térmico, entre otras. Actualmente, se prevé que su producción anual total se eleve a 10,066.1 KT para el año 2023 (Markets & Markets, 2018). Las características que lo hacen tan conveniente son su costo reducido, su baja conductividad térmica, su peso muy ligero; muy poca absorción de agua, lo que previene la humedad; y su resistencia al sonido, lo cual le permite ser usado también como aislante del ruido (Raps *et al.*, 2015; Markets & Markets, 2018).

El poliestireno expandido es generado a partir del proceso de polimerización por radicales libres de esferas de 3mm de diámetro de poliestireno, el cual es expandido a vapor con temperaturas entre 80-100°C y agentes químicos, logrando el aumento de su tamaño original hasta 50 veces. Se compone en un 98% de aire y un 2% de EPS con densidad entre 10-35 Kg/m³ y conductividad térmica entre 0,0430-0,0352 W/mK para densidades entre 10-28 Kg/m³. Se caracteriza por ser un compuesto apolar, permitiendo su resistencia al agua en condiciones normales, y tiene aplicación en: empaque de alimentos y objetos, absorción de golpes, aislante térmico, resistencia química, resistencia a la compresión y la humedad, además de ser utilizado como material de construcción (Olvera *et al.*, 2020).

Origen del poliestireno

El estireno es una molécula que se encuentra de forma natural en la resina del liquidámbar común, árbol originario del Mediterráneo Oriental. Dentro de la historia del poliestireno y como curiosidad, los egipcios usaban esa resina para embalsamar a los muertos. La baja descomposición de sus componentes la hacía muy útil para el proceso.

En el año 1839, el boticario alemán Eduard Simón logró aislar la sustancia de la resina natural, sin saber qué había descubierto.

En 1922, el químico orgánico Hermann Staudinger, también alemán, publicó sus teorías sobre los polímeros, donde afirmaba que los cauchos naturales estaban formados por largas cadenas repetitivas de monómeros, cosa que los dotaban de su elasticidad. Señalaba también que los materiales fabricados mediante el tratamiento térmico del estireno tenían cualidades similares al caucho. Y eso lo llevó a descubrir los polímeros de alto peso molecular, entre ellos el poliestireno, en 1953, sus investigaciones le valieron el Premio Nobel de Química.

En 1930, la empresa química alemana BASF ("Badische Anilin- und Soda-Fabrik"), desarrolló la manera de fabricar gránulos de poliestireno para su comercialización.

En 1937, Dow Chemical inventó el poliestireno espumado extrusionado, y comercializó los primeros productos de este material en el mercado estadounidense.



Ilustración 1. Hermann Staudinger

Descubridor de polímeros de alto peso molecular, entre ellos el poliestireno.

Fue en 1951, cuando BASF desarrolló y patentó el poliestireno expandible que hoy se conoce como (EPS), bajo la marca comercial Styropor®. (Knauf Industries, 2017).

Además de que, en la resina del liquidámbar común, el estireno se encuentra de forma natural en muchos alimentos, como la canela, el café, el trigo, la avena o las fresas. Sin embargo, el que se utiliza mayoritariamente en la industria del plástico se obtiene de un hidrocarburo, el etilbenceno, proviene, por tanto, del petróleo.

El etilbenceno, resultado de la reacción del benceno con el etileno, se emplea casi exclusivamente para la producción de estireno líquido, la materia prima del poliestireno industrial con el que se fabrica poliestireno expandido.

El EPS, sólo representa un 0,01% de los plásticos que se obtienen del etilbenceno.

En 1932, los hermanos Karl y Alfons Knauf, ingenieros de minas, fundaron en Alemania el que hoy es un grupo multinacional con implantación en 90 países. Con más de tres décadas de experiencia, Knauf Industries es la división

especializada en la producción de envases y embalajes plásticos para sectores industriales muy diversos.

En los años 80, siguiendo con la historia del poliestireno, Knauf extendió el uso, en el sector de la construcción, de sus placas de yeso laminado unidas a una plancha de EPS, lo que mejoraba sus propiedades aislantes, y a un precio más económico.

Knauf Industries es el primer transformador mundial de poliestireno, líder en el mercado de piezas moldeadas en EPS y especialista en la inyección de plástico, la extrusión y el termoconformado. Una empresa que lleva décadas aportando valor y esfuerzo dentro de la historia del poliestireno.

El estireno es un hidrocarburo aromático líquido amarillo e incoloro que se evapora fácilmente y tiene un olor dulce, se usa para la fabricación de polímeros plásticos y resinas sintéticas (Repsol 2022)



Ilustración 2. Perlas de poliestireno

“Badische Anilin- und Soda-Fabrik” - BASF Después de la Segunda Guerra Mundial, construye su negocio en México mediante compañías de comercialización. En 1964, con la adquisición de Aislantes Industriales, iniciaron su historia de producción en el país.

La empresa cambió su nombre a BASF Mexicana y producía en aquel tiempo el Styropor, un poliestireno expandido que hoy conocemos como unicel, en Santa Clara, Ciudad de México.

Hoy en día, BASF en México cuenta con cinco sitios de producción, ubicados en:

- Altamira, Tamaulipas
- Barrientos, Estado de México
- Lerma, Estado de México
- Tultitlán, Estado de México
- Puebla, Puebla

Las oficinas corporativas de México, Centroamérica y el Caribe se encuentran ubicadas en la Ciudad de México.

Cuentan con un portafolio de soluciones químicas, plásticas y de desempeño para productos agrícolas, productos químicos finos, así como para el petróleo y gas, y es el principal distribuidor de gránulos de poliestireno.



Ilustración 3. Instalaciones de BASF

Resistencia biológica

El poliestireno expandido no es susceptible a la acción de hongos, microorganismos y musgos, pero en algunos casos pueden formar sus colonias en su superficie.

Los insectos pueden asentarse en poliestireno expandido, equipar nidos de pájaros y roedores. El problema del daño de las estructuras de espuma de poliestireno por roedores ha sido objeto de numerosos estudios. Con base en los resultados de las pruebas de espuma de poliestireno realizadas en ratas grises, ratones domésticos y ratones campañoles. (ANAPE 2022)

Durabilidad

Una de las formas de determinar la durabilidad de la espuma de poliestireno es alternando el calentamiento a +40 ° C, enfriándolo a -40 ° C y manteniéndolo en agua. Se supone que cada uno de estos ciclos es igual a 1 año de funcionamiento condicional. Se argumenta que la durabilidad de los productos de poliestireno expandido según este método de prueba es de al menos 60 años a 80 años.

Resistencia a los disolventes.

El poliestireno expandido no es muy resistente a los disolventes. Se disuelve fácilmente en el estireno original, hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, xileno), hidrocarburos clorados (1,2-dicloroetano, tetracloruro de carbono), ésteres, acetona y disulfuro de carbono. Al mismo tiempo, es insoluble en alcoholes, hidrocarburos alifáticos y éteres. (ANAPE 2022)

Comportamiento frente a factores atmosféricos

La radiación ultravioleta es prácticamente el único factor que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS se torna amarillenta y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos.

Tipo de plástico

Varios productos plásticos están identificados con un número dentro del símbolo de reciclaje. Este número indica el tipo de plástico del cual está hecho el producto. Al entender este número, los consumidores pueden comprender mejor si y cómo pueden reciclar el producto.

Los plásticos tipo 6 están hechos de poliestireno (PS), también conocido como espuma de poliestireno. Estos elementos incluyen las tazas de café, platos y utensilios descartables, bandejas de carne, paquetes de frutos secos, aislantes, cajas para huevos, y recipientes para llevar. Los re-fabricantes de PS pueden usarlo en espuma aislante, panel de interruptores, cajas para huevos, paquetes de espuma y recipientes para llevar. Los plásticos número 6 son difíciles de reciclar, aunque aún son aceptados por algunas plantas de reciclaje y programas callejeros. (Mandi Rogier 2021)



Ilustración 4. Símbolo de clasificación del plástico

Usos

- Embalaje
- Transporte de productos
- Transporte de órganos
- Hieleras
- Empaques
- Chalecos salvavidas
- Decoración, maniquíes
- Aislante térmico
- Aislante de ruido
- Contenedores para la industria alimentaria
- Construcción de edificios y casas.

(Asociación Nacional de la Industria Química A.C.)



Ilustración 5. Subproductos derivados del poliestireno

Estadísticas de producción México

Los principales productores de Poliestireno tienen una capacidad instalada de 417 mil toneladas anuales, mientras que el consumo aparente de esta resina ronda las 500 mil toneladas.

En el caso de Poliestireno expandido, el consumo aparente anual llega a 125 mil toneladas anuales, lo que representa el 29.97% del total de la industria del Poliestireno. La producción Nacional llega a 417 mil toneladas de capacidad instalada y los principales productores son: Styropek, Novidesa, BASF, Resirene. Y los principales transformadores para artículos uso alimenticio destacan Dart, Convermex, Reyma.

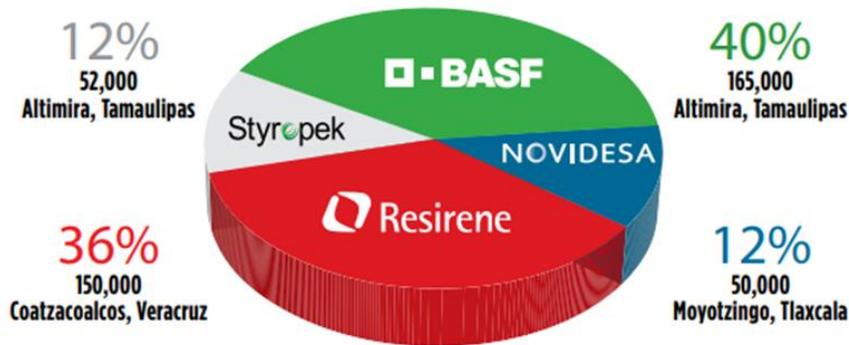


Ilustración 6. Distribución de la capacidad instalada en la producción de EPS

Análisis del Ciclo de vida de poliestireno expandido

Es importante conocer las etapas que componen su ciclo de vida, las cuales abarcan desde la obtención de las materias primas para su fabricación, hasta su fin de vida y la gestión de sus residuos (La Rosa, 2016), tal como lo muestra la Ilustración 7.

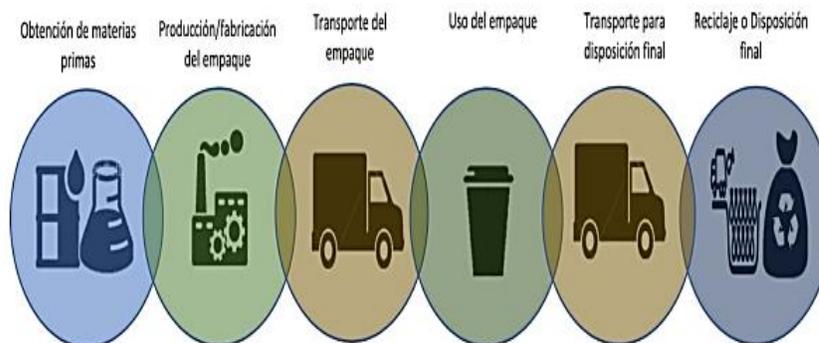


Ilustración 7. Ciclo de vida de empaques de poliestireno

La primera etapa integra los procesos, entradas, salidas, energía y transporte, necesarios para la obtención de las materias primas, las cuales incluyen el monómero estireno, seguido a esto, se encuentra la fase de producción del polímero a partir de las materias primas obtenidas en la primera etapa, y la conversión del material a empaques y su embalaje para posteriormente ser transportado hacia el lugar donde el consumidor podrá encontrarlo y hacer uso de él (García-Campos, 2020). Una vez usado, el empaque será desechado por el usuario y dependiendo de la forma de eliminación, podrá ser transportado hacia un relleno sanitario, un terreno baldío, un horno para incineración o podrá ser reciclado y transformado en un nuevo producto (ACC & CPIA, 2014).

Materias primas

El poliestireno expandible se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión: el pentano. Este polímero se presenta en forma de perlas esféricas de diámetros entre 0,3 y 2 mm. El poliestireno expandido se obtiene a partir del poliestireno expandible después de tres etapas de fabricación:

La pre-expansión: el poliestireno expandible se introduce en una tolva de acero inoxidable, dentro de la cual se inyecta vapor de agua que dilata el pentano y expande las perlas (hasta 50 veces su volumen inicial).

La maduración de las perlas pre-expandidas: una vez pre-expandidas, las perlas se almacenan en silos durante varias horas para permitir su estabilización física.(Marmanillo *et al.*,2021).El proceso se presenta en la figura 8.

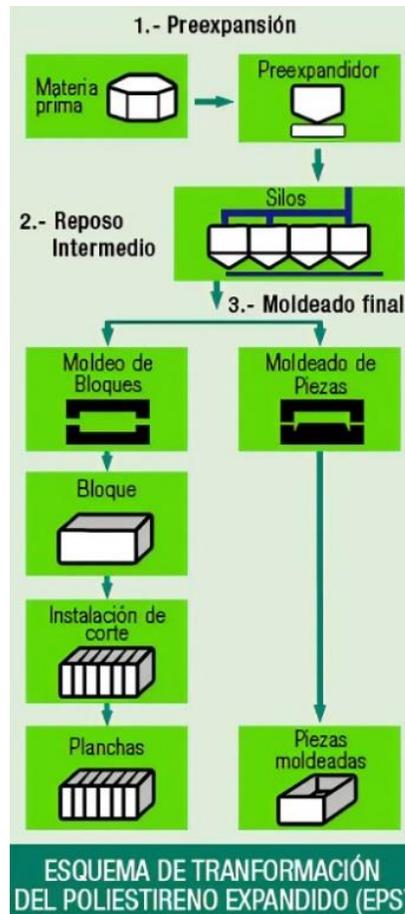


Ilustración 8. Proceso de expansión

El poliestireno puro es un material incoloro e insípido con tendencia a la fragilidad, facilidad de asociación con otro tipo de materiales y de procesado. En general tiene buena estabilidad dimensional y poco encogimiento en el molde (Smith & Hashemi, 2006). El comportamiento mecánico y reológico de poliestireno se determina predominantemente por su masa molecular promedio (normalmente 100 000 -400 000 U) cuanto menor es el peso molecular, mayor es su fluidez y su facilidad de manejo. La orientación de las moléculas del polímero también determina las propiedades mecánicas. Mientras que el poliestireno se disuelve en hidrocarburos aromáticos (tolueno, etilbenceno), hidrocarburos halogenados, éteres alifáticos (tetrahidrofurano), ésteres (acetato de etilo) y cetonas (butanona), pero no en hidrocarburos alifáticos (hexano) y alcoholes (metanol) (Maul *et al.*, 2012).

Proceso de fabricación y producción de productos de Poliestireno Expandido (EPS).

En la fabricación de espumas se pueden usar diversos agentes de soplado (agentes espumantes) para producir espumas. La selección del agente de soplado depende principalmente del material básico y del proceso de formación de espuma. Los agentes de expansión se pueden dividir en dos grupos principales, físicos y químicos. Los agentes de soplado físicos son generalmente gases comprimidos y líquidos volátiles tales como nitrógeno, dióxido de carbono, hidrocarburos, cetonas y alcoholes. Los agentes de soplado químicos comúnmente son materiales sólidos orgánicos o inorgánicos, que desarrollan gas por una reacción química o descomposición dentro de un rango de temperatura. El uso de agentes físicos es más recomendable para la elaboración de espumas (Hernández-Razo, 2018).

Los métodos para elaborar el poliestireno expandido (EPS) son diversos, aunque el más común es el de preparar resinas de Poliestireno (PS) por suspensión (figura 9), a las que se ha incorporado un disolvente orgánico volátil, generalmente pentano. Durante la fase previa las perlas se calientan, lo que ocasiona un pre expansión de tres a cuatro veces el volumen, dando una perla de EPS de baja densidad. Por la acción de calor inducido en moldes deseados las perlas expandidas se unen conjuntamente y se adopta la forma del molde (Ramírez, 2015).

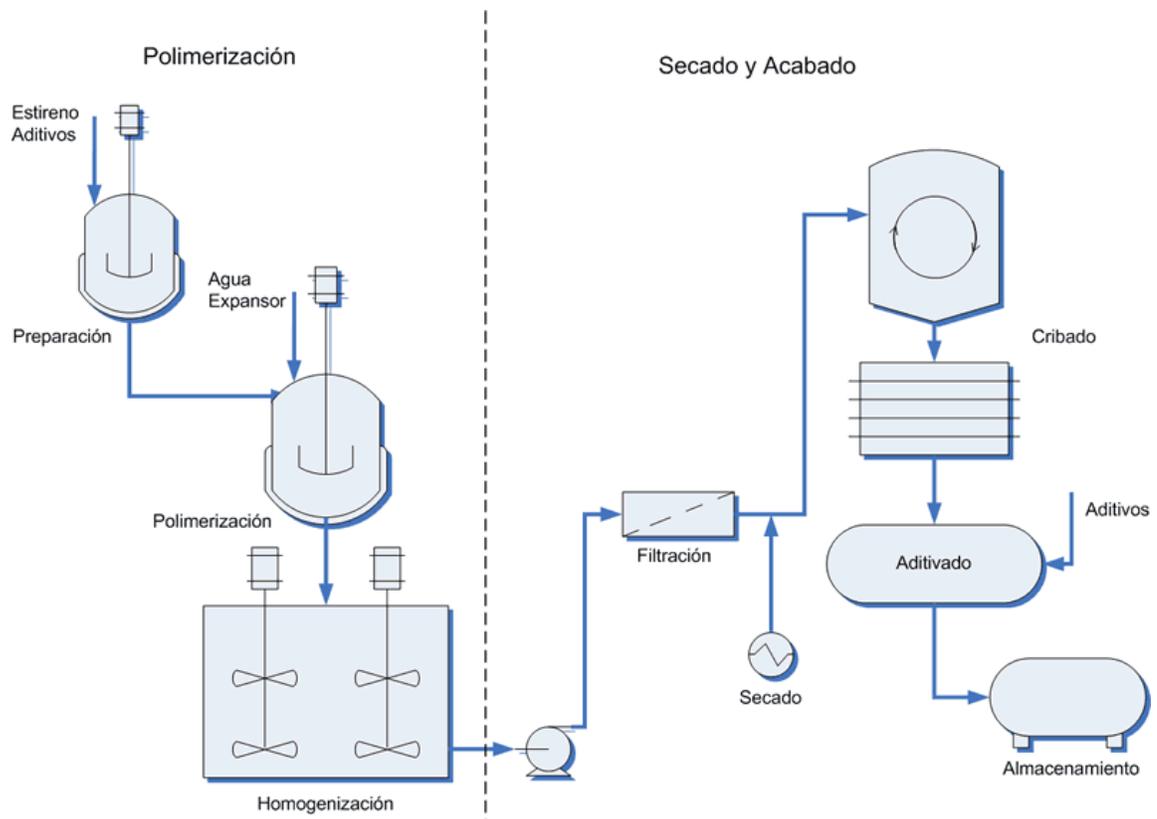


Ilustración 9. Proceso del poliestireno a escala industrial

Impacto ambiental general en el proceso de fabricación del Poliestireno

La industria de fabricación de los productos a base de poliestireno es una fuente importante de emisiones de estireno a la atmósfera, quedando expuestos tanto sus trabajadores como la población circundante, situación alarmante por los posibles efectos sobre la salud pública (García-Campos, 2020).

Para el año de 2012 el inventario de emisiones tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., indica que aproximadamente 24 000 t de estireno se liberan anualmente de fuentes locales y externas. Algunos autores han escrito sobre los efectos producidos en los humanos por exposiciones severas al estireno (más de 100 ppm en el aire), equivalente a la exposición de los trabajadores de la industria, El Consejo nacional de investigación de EEUU concluye que sí es un agente de peligrosidad cuando se expone el material

(normalmente el envase) a temperaturas altas, ya que libera dioxinas (grupo de compuestos químicos que son contaminantes ambientales), que penetran en alimentos y bebidas y en cambio es inocuo a bajas temperatura, el estireno está clasificado como un posible carcinógeno humano por la agencia de protección Ambiental (EPA) y por la agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC,2014).

El estireno y sus derivados tienen efectos tóxicos para el ser humano, ingresando por la vía respiratoria, la cutánea y la digestiva. Las personas expuestas a una concentración de 100 mg/kg presentan irritación en los ojos y fosas nasales y a 200 mg/kg se torna en conjuntivitis. La exposición crónica puede causar dermatitis en la piel. También se ha observado casos de cáncer en trabajadores relacionados con exposiciones prolongadas al estireno. Mientras que los hidrocarburos más importantes por su toxicidad son el Benceno (Es un componente natural del petróleo crudo es líquido e incoloro se utiliza principalmente como solvente en la industria.), el Tolueno (Se genera en el proceso de producción de gasolina y otros combustibles a partir del petróleo crudo, es un líquido transparente e incoloro con un olor característico.) xileno (se encuentra naturalmente en el petróleo el cual se usa como disolvente, es líquido incoloro de olor dulce que se inflama fácilmente.) y los hidrocarburos polinucleares (Son un grupo de sustancias químicas que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo, gas, madera, basura y otras sustancias orgánicas). (Arthuz & Pérez, 2019).

Ventura & Rosita (2021) mencionan que el benceno tiene efectos como depresión del sistema nervioso central, irritación cutánea y daño hematológico (acción cancerígena). El tolueno y el xileno tienen una acción similar al benceno. Los hidrocarburos polinucleares son de particular importancia porque muchos de ellos producen cáncer y mutaciones. Los derivados del antraceno (1,2-Benzantraceno) son poderos cancerígenos y si se le agregan moléculas de metilo, el efecto es aún más fuerte (7,12-Dimetilbenzantraceno, 3-metilcolantreno).

El benzopireno y los derivados antes mencionados son una amenaza para el humano desarrollando cáncer de pulmón y de piel y algunos relacionados con cáncer en el estómago. La preocupación es que algunos de estos compuestos pueden estar presentes en alimentos y muchos otros en el aire por medio de evaporación de solventes y de la combustión incompleta de los materiales que los contienen (Amable *et al.*, 2017).

En el año de 1984 ya se tenían identificados los compuestos emitidos a la atmosfera producto de la incineración controlada del poliestireno, en un rango de temperatura de 850 a 950 °C. La combustión es una fuente importante de emisión de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). El hollín es otro residuo identificado de gran cantidad (Quiroz *et al.*, 2015).

Algunos medios de comunicación circulantes en EE. UU., como es el caso del periódico “New York Times”, en junio del año 2011 publicó información emitida por el gobierno sobre el uso de materiales comunes que presentan riesgo de cáncer. La sociedad en contacto con materiales a base de estireno tiene un bajo riesgo, pero las exposiciones a este compuesto en dosis altas como el caso de los trabajadores en la industria del estireno es preocupante. Los estudios de trabajadores expuestos a altos niveles de estireno han encontrado un mayor riesgo de leucemia y linfoma y daño genético a los glóbulos blancos. También hay cierta evidencia de que el estireno aumenta los riesgos de cáncer de páncreas y esófago entre los trabajadores de estireno, según el informe (Harris, 2011).

La realidad es que los expertos muestran cierta preocupación por los recipientes y envases con espuma de poliestireno concebidos para su calentamiento en el microondas. Y, una razón tendría que ver con la presencia del estireno, que se ha relacionado con el cáncer.

Además, se ha constatado que cuando los alimentos y bebidas son calentados en el microondas en el interior de los recipientes de poliestireno las sustancias usadas en su fabricación pueden acabar filtrándose. De la misma manera que

ocurre con los recipientes de plástico. Y, en especial, esto se aplica directamente a los alimentos con mayor contenido graso, como podría ser el caso del queso y de la carne.

No obstante, las autoridades europeas regulan los envases tanto de plástico como de poliestireno concebidos para uso alimentario, y en particular para su uso en el microondas. De ahí que cualquier envase de plástico o poliestireno que contenga la etiqueta para microondas ha sido probado y se considera seguro.

De esta forma, lo ideal es evitar colocar alimentos y bebidas en el microondas en recipientes de poliestireno que no hayan sido etiquetados con este fin, dado que en estos casos su seguridad sí que no se encuentra garantizada. Evidentemente, esta precaución no es únicamente específica para su uso en el microondas, sino que también se aplica a otros métodos culinarios de calentamiento, como por ejemplo podría ser el caso del horno.

En caso de duda, lo más recomendable siempre es transferir los alimentos o bebidas a recipientes de vidrio, cerámica o pírex, los cuales sí son aptos para su utilización en el microondas. (Christian perez,2020)

Reutilización y mantenimiento en el país

El ciclo de vida puede ser analizado con diferentes métodos para determinar su impacto ambiental, por ejemplo, EDIP 97, EPS 2000, Eco indicadores 99, USEtox IMPACT World+, entre otros (Crespo *et al.*, 2013).

Los Eco-indicadores 99 son números que expresan el impacto ambiental total de un proceso o producto. Con los Eco-indicadores estándar, cualquier diseñador o gestor de productos puede analizar las cargas ambientales de determinados productos durante su Ciclo de Vida. Los Eco-indicadores estándar se calculan mediante una metodología muy compleja.

Todos los productos dañan el medio ambiente de una forma u otra, las materias primas tienen que extraerse, el producto tiene que fabricarse, distribuirse, embalarse y por último, eliminarse. Durante la utilización de los productos suele

producirse también un impacto ambiental, ya que en esta etapa del Ciclo de Vida se suele consumir energía o materiales. Si deseamos valorar el daño ambiental de un producto, debemos estudiar todas las etapas de su Ciclo de Vida.



Anexo Eco-indicador '99

Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida

Manual para Diseñadores

5 Noviembre 1999

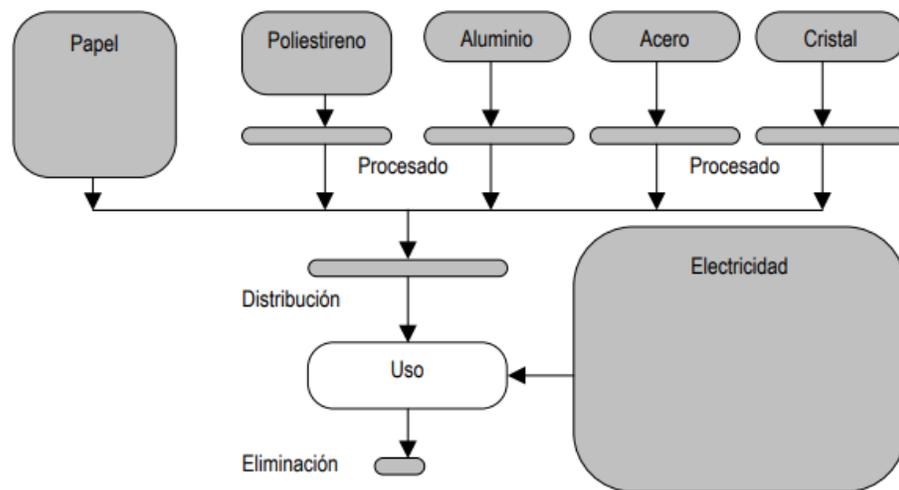


Ilustración 10. Eco-indicador "99

(Representación gráfica de los resultados de un análisis, el tamaño de los recuadros indica la contribución relativa a la carga ambiental).

Eco-indicador

Categoría de Impactos ambientales específicos

Abarca 9 categorías avanzadas.

1. Formación de smog (emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera).
2. Capa de ozono (destrucción de la capa de ozono por el uso de compuestos químicos).
3. Calentamiento global/huella de carbono (medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determina en unidades de dióxido de carbono contaminación generada como resultado de los procesos por los que pasa un producto).
4. Lluvia ácida (consecuencias de la contaminación del aire).
5. Eutrofización (contaminación química del agua).
6. Tóxicos al agua (desechos químicos que son arrojados en las fuentes de agua haciéndola que no sea potable ni segura para preparar alimentos, bañarse o regar los campos).
7. Toxicidad humana (aquellas sustancias químicas que pueden producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo).
8. Tóxicos al suelo (incorporación al suelo de materias extrañas, como los residuos sólidos).
9. Impacto a recursos no renovables (alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada). (reciclaunicel2016)

Durante el proceso de obtención de la materia prima se reporta un impacto de CO₂ equivalente de 4.27 kg de CO₂ por kg de perla de Poliestireno. Los residuos generados en la producción debido a la eficiencia en la producción de productos

terminados de EPS, el desperdicio en esta etapa es mínimo. El único residuo sólido resultante del proceso es EPS residual, representando 2.9%.

Tipos de Reciclaje

Reciclaje del Poliestireno

En general se pueden distinguir tres rutas para el reciclaje de materiales de PS, como el químico, mecánico y el térmico (García-Campos, 2020).

Reciclaje químico

El reciclaje químico convierte el poliestireno expandido u otros tipos de resinas plásticas en una masa que puede ser utilizada para crear pegamentos o servir como materia prima para crear productos a base de plástico (Flórez, 2016). Las técnicas más conocidas de reciclaje químico son pirólisis (figura 11), gasificación, craqueo catalizado e hidro craqueo (Ragaert *et al.*, 2017). Estos métodos de tratamiento de acuerdo a la legislación alimentaria no permiten que el material reciclado sea usado de nuevo para almacenamiento y empaque de alimentos, aunque esto varía de país a país (Flórez, 2016).

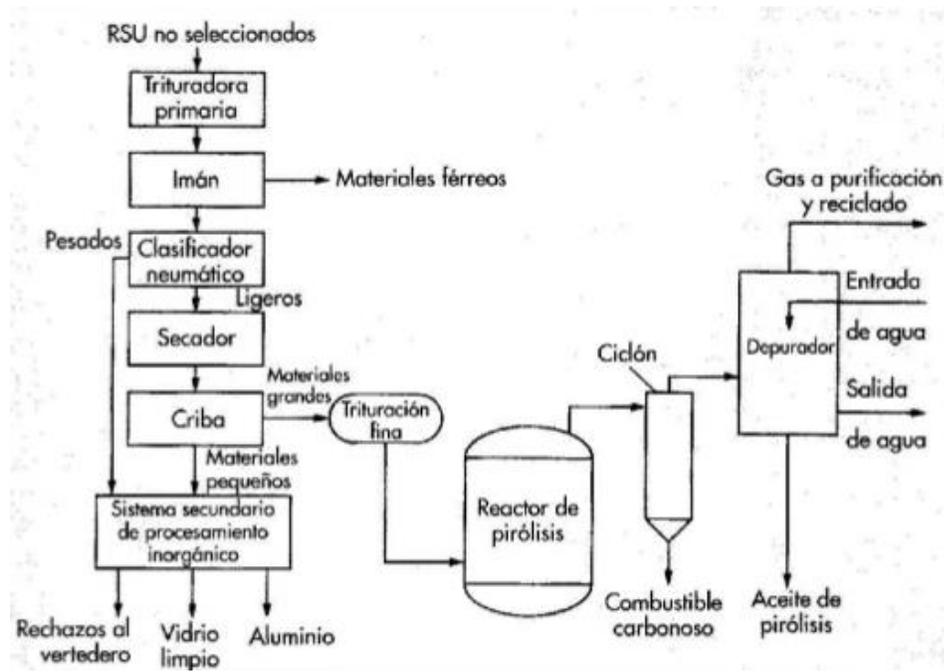


Ilustración 11. Proceso de pirólisis

Reciclaje mecánico

Este método de reciclaje es el más conocido y más utilizado en el ámbito del plástico. Puede utilizarse como reciclaje primario (pos industrial o desechos derivados de los procesos de producción) o secundario (posconsumo) (Saltos, 2015).

En este tipo de tratamiento los residuos son separados de acuerdo con su color, tamaño y densidad, para posteriormente ser lavados, secados, y molidos para ser reducidos al tamaño de hojuelas o al tamaño que se requiera (Ragaert *et al.*, 2017).

Para asegurar la eficiencia y calidad de la salida de este método de reciclaje es necesario contar con materia prima lo más homogénea y limpia posible. De lo contrario será necesario un proceso adicional de limpieza, para obtener un material con las condiciones necesarias para ser reciclado (Fidra, 2018).

Reciclaje térmico

Esta ruta se da en presencia de suficiente oxígeno, el poliestireno se quema casi por completo para dar dióxido de carbono, agua y una pequeña cantidad de residuos de cenizas no tóxicas (Maul *et al.*, 2012).

Manejo actual del residuo en México

Reutilización

Como relleno en muebles, sillones y almohadas (después de molerlo) o como artesanías.

Reciclaje

Se divide en 3 fases:

1) Compactación: el material se limpia para quitar cualquier residuo o etiqueta, posteriormente se comprime con la ayuda de prensas y difusores de calor.

2) Paletización: se muele y funde para crear tiras delgadas, las cuales se cortan y dan como resultado pequeños pellets.

3) Fabricación de nuevos productos: dichos pellets sirven como materia prima para fabricar nuevos productos. (Plan nacional de manejo de residuos de EPS)

Gestión de los residuos

Gestión de residuos de EPS en Latinoamérica

La gestión adecuada de residuos de poliestireno expandido en Latinoamérica se hace más evidente en países con un mayor índice de desarrollo (Contreras, 2015).

Sin embargo, el porcentaje de recuperación sigue siendo bajo en comparación a la cantidad de residuos generados anualmente, la cual continúa en tendencia creciente. Un ejemplo de los países que tienen un mayor avance en el tema es Brasil, el cual es uno de los mayores productores y consumidores de EPS en la región; en el 2012 logró alcanzar una tasa de reciclaje de EPS posconsumo del 34,5%, logrando sacar de los rellenos y vertederos 13.570 toneladas de las 39.340 toneladas totales de EPS pos-consumo generadas ese año. El material reciclado se utilizó en la industria de la construcción, calzado, muebles e implementos del hogar (García-Campos, 2020)

Otro ejemplo es México, el cual ha venido trabajando activamente en recolección y tratamiento en los últimos años y que en el año 2018 construyó el Plan Nacional de Manejo de Residuos de Poliestireno Expandido conjunto entre el gobierno y las principales empresas privadas recicladoras del EPS. El objetivo de esta política es fortalecer la cadena actual de reciclaje y valorizar los residuos. Este país, cuenta con un consumo aparente de 125.000 toneladas de las cuales 24% son utilizadas para uso alimenticio, la NOM-161-SEMARNAT-2011 Establece los criterios que deberán considerar las Entidades Federativas y sus Municipios para solicitar a la Secretaría la inclusión de otros Residuos de Manejo Especial, de

conformidad con la fracción IX del artículo 19 de la Ley. Establece los criterios para determinar los Residuos de Manejo Especial que estarán sujetos a Plan de Manejo y el Listado de los mismos. Establece los criterios que deberán considerar las Entidades Federativas y sus Municipios para solicitar a la Secretaría la inclusión o exclusión del Listado de los Residuos de Manejo Especial sujetos a un Plan de Manejo. Establece los elementos y procedimientos para la elaboración e implementación de los Planes de Manejo de Residuos de Manejo Especial. Establece los procedimientos para que las Entidades Federativas y sus Municipios soliciten la inclusión o exclusión de Residuos de Manejo Especial del Listado de la presente Norma. (PROFEPA ,2014)

Actualmente existen tres centros de acopio posconsumo que reciben y gestionan alrededor de 4.000 toneladas al año, pero con esta nueva política se planean que sean más y se pueda extender a otros lugares de México, este plan es demostrar que brinde beneficios económicos, sociales y ambientales. (Recicla unicel, 2018).

Argentina, también cuenta con un avance significativo, el cual combina con la tecnología utilizada para convertirse en una ciudad inteligente. Cuenta con una cadena de puntos verdes, de los cuales algunos tienen medidores en tiempo real y paneles solares y con cooperativas de recuperadores urbanos que reciben todo tipo residuos reciclables entre los que se encuentran el EPS o también conocido como Telgopor en la capital Buenos aires (DGCIGA, 2017).

Estos residuos son enviados a las cinco plantas de tratamiento existentes hasta el momento. Lo anterior ha evitado que se envíen 11.045 toneladas de plástico menos a los rellenos en comparación al año anterior (2017), aunque no se especifica cuántas de estas corresponden a EPS (DGCIGA, 2017).

Por otro lado está Chile, el cual a pesar de tener un nivel de desarrollo económico sobresaliente en América Latina, no ha mostrado mucho avance en el tema. Cuenta con una asociación exclusiva para abordar los temas relacionados a la producción de EPS, con emprendimientos e investigaciones que buscan mitigar el impacto de la resina y a su vez con una ley expedida en 2016 que fomenta el

reciclaje. Sin embargo, son acciones superficiales que no generan un impacto real y sostenible.

Gestión de residuos de EPS en Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los principales consumidores de EPS en el mundo. De acuerdo con el EPS Recycling Rate Report, publicado por la EPS Industrian, en el 2016 fueron recicladas más de 118 millones de libras de la resina. De las cuales 63 millones corresponden a empaques posconsumo. A pesar de que la industria ha invertido en encontrar nuevas formas de reciclar esta resina, en algunas estados y ciudades de EEUU, el poliestireno no es visto con buenos ojos.

En mayo del 2019, Maine se convirtió en el primer estado en prohibir el uso de poliestireno en contenedores de comida en restaurantes y supermercados; los argumentos usados están dirigidos al daño que causan como micro plásticos, la viabilidad económica del reciclaje y el efecto cancerígeno que algunos estudios han indicado que ejerce en la salud humana. Este veto se amplió a otros estados como Vermont, Colorado, Oregón, New Jersey, New York y Berkeley (Ivanova, 2019).

Gestión de residuos de EPS en Europa

Europa es el segundo productor de plástico en el mundo y en los últimos años ha aumentado sus esfuerzos para encontrar formas de sensibilizar al público respecto a los residuos generados por consumo excesivo de este material, para así encontrar nuevas alternativas que permitan reducir el impacto ambiental (Plastics Europe, 2017).

De acuerdo con datos brindados por Plásticas Europa (Plastics Europe, 2017), en el 2016 se recolectaron 16,5 millones de residuos de envases plásticos en Europa, en donde 40,9% fueron reciclados, siendo Alemania y los Países Bajos quienes más aportaron a esta cifra, 38,8% fueron destinados para recuperación energética, y 20,3% fueron enviados a vertederos, tal como lo muestra la Ilustración 12.

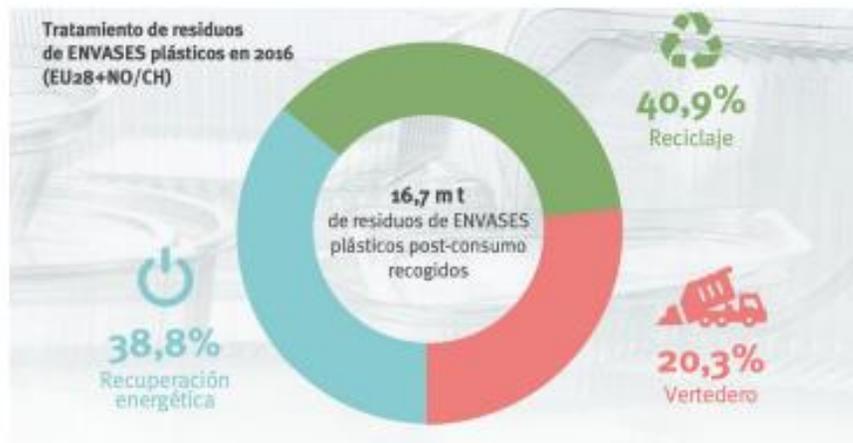


Ilustración 12. Tratamiento de residuos de envases plásticos en Europa

De acuerdo con el mismo estudio, se estima que entre 2006 y 2016 el nivel de reciclaje en el continente incrementó un 74%, y la recuperación energética lo hizo en un 60.71%, y el uso de vertederos para disposición final de envases de plástico disminuyó un 53% (Plastics Europe, 2017).

En el 2018 los fabricantes de poliestireno expandido en la Unión Europea, por medio de su asociación (EUMEPS), presentaron una promesa voluntaria de reciclaje de EPS, con la cual esperan llegar a una tasa de reciclaje del 46%, con el fin de alinearse con los objetivos del gobierno para 2030 (EUMEPS , 2018).

Entidades recicladoras en México

Tecnologías Rennueva

La empresa recicladora Rennueva, startup dedicada al desarrollo de tecnologías enfocadas al reciclaje del poliestireno expandido, abrió el primer centro de acopio en la CDMX desde diciembre del 2016, ubicado en Delegación Cuauhtémoc, promoviendo el programa de las 3 R's (Reduce, Reutiliza y Recicla), con fundamento en la NOM- 161 SEMARNAT 2011 y con el desarrollo de un plan de manejo para reciclaje de unicel de manera local y posteriormente de manera federal.

Con base a la NOM-61-SEMARNAT-2011 que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial (RME) y los residuos sólidos urbanos (RSE) en México, Rennueva desarrolló el primer plan de manejo para el unicel, avalado por la secretaria del Medio Ambiente (SEDEMA) que busca la reducción del impacto ambiental, aprovechando el reciclaje del unicel como una cadena de valor para las necesidades sociales y económicas.

La empresa realiza diferentes tipos de dinámica para llamar la atención a la población y se unan a reciclar, informan y realicen una separación de residuos desde casa, porque separados no son basura, esa separación permite poderlos reutilizar y luego reciclar para así poder insertarlos en una nueva cadena económica y así poder tener una economía circular, para poderlos reciclar siguen 4 pasos: paso 1 acopio de unicel, 2 compactación, 3 paletizado, 4 nuevos productos. Como fabricación de marcos para fotos los cuales surten a la empresa de marcos & marcos, materiales escolares, masetas, platos para comida de los perros entre otros.

El propósito es alcanzar el desarrollo respetando la tierra, se enfocan en innovar para que México cumpla y exceda los objetivos del Desarrollo Sustentable en la agenda 2030. Entre diciembre 2018 y en julio 2021 se recaudaron 1,451.64

Toneladas de poliestireno reciclado como lo indica en las siguientes tablas.
(Tecnología renueva).

Tabla 1. Reporte semestral de acopio

Fuente: renueva.com

Periodo	Cantidad reciclada toneladas
Segundo semestre 2018	79.5
Primer semestre 2019	467.4
Segundo semestre 2019	348
Primer semestre 2020	145.8
Segundo semestr2020	176.9
Primer semestre 2021	224.975
Total	1451.79



Ilustración 13. Grafica de la entidad reciclada en toneladas.

Otros indicadores.

Tabla 2. Indicadores ambientales que se han podido mitigar

Indicador	
Hectareas de bosques preservadas	14,777.16
Litros de agua ahorrados	514 millones
Espacio ahorrado en rellenos sanitarios	34,765 M ³
Huella de carbono mitigada	1,142.2 toneladas
Empleos creados	43
Participantes del plan de manejo	57

Fuente: renueva.com

Dart de México

Es una empresa estadounidense que inicia desde los años 1937 en Masón, Michigan ha sido un fabricante líder de productos desechables para la industria alimenticia, posicionándose como la empresa más grande del mundo en cuanto a vasos y envases térmicos. Dichos productos son fabricados en las diversas plantas que tiene Dart en el mundo: EUA, Canadá, México, Panamá, Brasil, Argentina, Reino Unido y Australia.

Dart promueve acciones concretas para impulsar el reciclaje de Unigel en los países donde opera y en México trabaja en conjunto a otras dos principales empresas como renueva, a quien le da el material reciclado para que ellos lo procesen. .

Dart inicia operaciones en México en 1996 con su planta en Atlacomulco México. Hoy en día cuenta además con otras dos plantas en Tijuana y en Cuautitlán.

En el 2010, Dart de México marcó un hito en la carrera pro-reciclaje con la apertura del primer centro de acopio de EPS en su fábrica. Sumándose al proceso mediante la recolección y densificación del unigel, posteriormente envió a sus

aliados para completar el proceso de revalorización del insumo. Este centro tiene una capacidad de procesamiento de 400 toneladas anuales.

Gerardo Pedra (2016), gerente regional de Programas de Reciclaje para América Latina para Dart Container Corporation, dijo que han basado su estrategia para impulsar la industria del reciclaje de EPS en México con un modelo de trabajo de cuádruple hélice, en el que buscan la integración de la industria privada, gobierno, academia y ciudadanía.

Marcos & Marcos

Es una compañía fundada en 1999 en la delegación Tultepec estado de México, que se dedicaba a vender solamente enmarcados, se ha posicionado como una empresa líder en el sector, ya que se ha convertido en la única que ofrece capacitación, así como productos y servicios de vanguardia de productos reciclados que permite al sector ir más allá del concepto: “una tienda de marcos sólo enmarca”. Con el tiempo el reto fue ofrecer al mercado mexicano e internacional productos de calidad hechos en México, por lo que en 2014 inició operaciones la planta de producción de moldura de Poliestireno reciclado, convirtiéndose en un referente de empresa 360° con valores fundamentales de economía circular y sustentabilidad, inaugurándose formalmente en noviembre 2015. La planta tiene una capacidad de producir casi 2 millones de metros lineales de moldura de poliestireno reciclado al año. Capacidad suficiente para elaborar alrededor de 1,600 millones de marcos tamaño carta, la compañía crea una gran diversidad de insumos como grapas, puntas, cartulinas, adhesivos, protección de embalaje, productos de conservación y sistemas para colgar cuadros. Renueva le surte los pellets reciclados para la creación de marcos.

Analisis de riesgos

Vivimos en un modelo de producción que genera más residuos en cada una de sus fases (extracción de materias primas, transporte, fabricación, distribución y consumo) que la cantidad de bienes que produce. Así, podemos afirmar que por cada tonelada de residuos que se genera en el momento del consumo de cualquier producto, se han producido 25 toneladas de residuos en el proceso de extracción de materias primas y el proceso de fabricación (Pérez, 2010).

Es imprescindible la correcta gestión de los residuos en los centros de trabajo que, además de ser una obligación legal, contribuirá a disminuir los impactos ambientales de los procesos productivos. El reciclaje es muy importante en la conservación ambiental ya que es a partir de él que se puede contribuir a limitar la contaminación y además, reutilizar los diferentes recursos de manera continua. (Martins, 2012).



Ilustración 14. Contaminación por EPS



Ilustración 15. Consumo Excesivo de unicele

Conclusiones

El unicele es un producto que, desde su creación, ha traído beneficios a la sociedad, desde uso médico en la transportación de órganos y vacunas, para la conservación de alimentos, en la industria de la construcción ha formado parte la vida cotidiana de la población de manera positiva. Sin embargo, el proporcionar también una vida rápida y cómoda a traído consecuencias ambientales serias que urge solucionar. Afortunadamente estamos a tiempo de tomar acción y este problema de raíz: la producción de plásticos de un solo uso. Es necesario cambiar el modelo de producción y consumo que actualmente se basa en extraer materias primas, fabricar y ofrecer productos cuya finalidad es consumir y desechar, por un modelo circular donde la vida de los productos aumente sustancialmente y puedan reutilizarse a tal punto que se genere la menor cantidad de residuos.

Las diferentes iniciativas que se concentran en prohibir el uso de desechables hechos con unicele, se deben a que estos objetos tardan mucho tiempo en

degradarse, generando serias consecuencias en el medio ambiente y salud en el humano. No se trata de producir desechables ecológicos.

El verdadero cambio cultural debe evitar estas falsas soluciones, porque el problema de la contaminación plástica no se solucionará con más desechables ahora obtenidos de otras fuentes, como las renovables.

Sólo se trasladaría la presión desde los océanos a otros ambientes produciendo deforestación, uso excesivo de agrotóxicos y cambios de uso de suelo para satisfacer la demanda de un estilo de vida rápido y desechable. La basura ecológica tampoco es la solución.

Literatura citada

Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Bello Rodríguez, B. M., Benítez Fuentes, B., Escobar Blanco, L. M., & Zamora Monzón, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista médica electrónica*, 39(5), 1160-1170.

ANAPE, (Asociación Nacional del poliestireno expandido). (2022). Poliestireno Expandido. (En línea). Disponible en: <http://www.anape.es/index.php?accion=producto> Consultado 15 de enero 2022.

Asociación Nacional de la Industria Química A.C. <https://unicel-aniq.mx/index.html>

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (Anape) 20/07/2012 Ventajas de los envases de poliestireno expandido (EPS) Ventajas de los envases de poliestireno expandido (EPS) (interempresas.net)

All Content © Copyright 2022 Dart Container Corporation

BASF: La industria química sostenible - Probuen Advisory | Actividad corporativa & inmobiliaria (2022) ¿Quiénes somos? (basf.com)

Contreras Osorio, L. K. (2015). *Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira* (Doctoral dissertation, tesis de pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia).

Crespo Mendosa, N., Bueno, C. & Omettoa, A. R. (2013). Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. *Production*. 26..160-175. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.153213>

Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable S.A. de C.V. (CADIS). “Análisis de Ciclo de Vida de vasos desechables en México.”(2013) Análisis de Ciclo de Vida, Asociación Nacional de la Industria Química, México.

Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. (2009) “Evaluación de los impactos de los residuos sólidos bajo cambio climático en la Ciudad de México.” México.

Christian Pérez (2020) ¿Se pueden calentar los envases de poliestireno en el microondas? (miarevista.es)

Demirors, M. (2011). The history of polyethylene. En: Strom, T. y Rasmussen, S. C. (Eds). 100+ Years of Plastics. 1a ed. 1080. Arligton : American Chemical Society. pp.115–145. DOI:10.1021/bk-2011-1080.ch009

Dirección General de Calidad Institucional y Gobierno Abierto de Buenos Aires (DGCIGA). (2017). La Ciudad incorporó 81 Puntos Verdes para reciclar basura. Recuperado de <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/la-ciudad-suma-m%C3%A1s-de-80-puntos-verdes-para-reciclar-basura>

European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS). (2018). EUMEPS EU Voluntary Pledge. Recuperado de https://eumeps.org/content/7-news/eumeps-submitted-voluntary-pledge/20180914_the-eumeps-voluntary-pledge.pdf.

Elenne Castro. diciembre (2020) ehowenespanol.com) Dart de México, 10 años apostando por un modelo sostenible de reciclaje (mexicoindustry.com)

Fidra. (2018). Compostable packaging: replacing Expanded Polystyrene in takeaway food and drink containers. Discussion Paper. Recuperado de <https://www.fidra.org.uk/wp-content/uploads/Compostable-packaging-Replacing-expanded-polystyrene-in-food-and-drink-containers-Discussion-Paper-September2018-1-1.pdf>

García Campos, N. (2020). Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de un plan de gestión pos consumo de Poliestireno Expandido (EPS) utilizado en el envase de alimentos en Colombia (Master's thesis, Universidad EAN). Gabriel Mancera info@revistamp.net | Revista MP | www.revistamp.net

Harris, G. (2011). Government Says 2 Common Materials Pose Risk of cáncer. New York Times.

Hernández Razo, J. E. (2018). Reciclaje de poliestireno expandido (EPS) para el desarrollo de productos de alto valor agregado. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Hector (2020) Poliestireno Reciclado
<https://rennueva.com/plandemanejoplasticos/2020/03/07/cuanto-hemos-ayudado-al-ambiente/>

Historia del poliestireno (2017): Así fabrica EPS Knauf Industries (knauf-industries.es)

Ivanova, I. (2019). States declare war on Styrofoam — "People think it breaks down". CBS News. Recuperado de <https://www.cbsnews.com/news/styrofoam-ban-states-declare-war-people-think-it-breaks-down/>

Juan Carlos Machorro (2014) Sin control impacto ambiental de vasos desechable en mexico <https://www.miambiente.com.mx/sustentabilidad1/sin-control-impacto-ambiental-de-vasos-desechables-en-mexico/>

La Rosa, A. D. (2016). 4-Life cycle assessment of biopolymers. *Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials*. Woodhead Publishing. 57-78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100214-8.00004-X>.

López, C. M., & Canepa, J. R. L. (2013). Poliestireno expandido (EPS) y su problemática ambiental. *Kuxulkab'*, 19(36).

Maul, J., Frushour, B. G., Kontoff, J. R., Eichenauer, H., & Schade, C. (2012). Polystyrene and Styrene Copolymers. *ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY*, 48.

Markets and Markets. (2018). Expanded Polystyrene (EPS) Market by Product Type, End-use Industry and Region – (2023). (En línea). Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/expanded-polystyrene-market-1138.html> Consultado 15 de enero de 2022.

Marmanillo, V. I. V., Farfán, B. C., Camino, K. L. S., Llasa, G. J. S., & Nina, B. A. H. (2021). Aislamiento de enterobacterias de tenebrio molitor (coleoptera: tenebrionidae) como organismos degradadores del poliestireno expandido

bajo condiciones de laboratorio. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 11169-11185

Maul, J., Frushour, B. G., Kontoff, J. R., Eichenauer, H., & Schade, C. (2012). Polystyrene and Styrene Copolymers. ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, 48.

Marcos & Marcos (2019) <https://www.marcosymarcos.mx/empresa>

Morales, Roberto. "México, con el mayor déficit del mundo en productos

plásticos." *El Economista*, julio 23, 2013. Noguchi, T., M. Miyashita, Y. Inagaki, and H. Watanabe. A new recycling system for expanded polystyrene using a natural solvent

Mandi Rogier (2022) ¿Qué significan los números de los plásticos? ¿Es realmente posible reciclar todo lo que dice ser reciclable? – Fundación El Árbol (fundacionelarbol.cl)

News Release, (2014) Estireno razonablemente anticipado para ser un carcinógeno humano, confirma un nuevo <https://www.nationalacademies.org/news/2014/07/styrene-reasonably-anticipated-to-be-a-human-carcinogen-new-report-confirms>

Norma Oficial mexicana <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-161-semarnat-2011>

Olvera, E. G. L., González, C. B. O., Alcántara, N. M. O., & de México, E. N. S. (2020). Poliestireno expandido: uso excesivo y agente contaminante dentro del contexto escolar de la ENSM. *Directorio UPN*, 51.

Plastics Europe. (2017). Plastic- the facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Recuperado de https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf

Plan nacional se manejó de EPS (2022) cuéntame unicef
<https://cuentamedelunicef.files.wordpress.com/2018/07/resumen-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps-unicef-mecc81xico-2018.pdf>

Plásticos Diego Fuentes (2021) Procesos de conformación de productos plásticos -
PlásticosDiegoFuente (google.com)

Profepa <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-161-semarnat-2011>

Producción + Limpia - Enero - Junio de (2017). Vol.12, No.1 - 63-71 - DOI:
10.22507/pml.v12n1a6 Análisis de riesgos de la seguridad e higiene ocupacional
durante el manejo de residuos sólidos y reciclaje de plástico polietileno
<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00063.pdf>

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),
80-80.

Ragaert, K., Delva, L. & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of
solid plastic waste. *Waste Management*. 69. 24-58,. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>.

Ramírez, R. M. (2015). *Preparación de Emulsión a partir de Poliestireno con Aplicación
en Mezclas de Cemento*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo.

Raps, D., Hossieny, N., Park, C. B. y Altstädt, V. (2015). Past and present developments
in polymer bead foams and bead foaming technology. *Polymer*, 56, Elsevier Ltd.,
pp.5–19. DOI:10.1016/j.polymer.2014.10.078.

Reciclaunicef. (2018). Plan Nacional de Manejo de Residuos de EPS. Resumen
ejecutivo. Recuperado de [https://cuentamedelunicef.files.wordpress.com/2018/07/resumen-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps-unicef-mecc81xi co-2018.pdf](https://cuentamedelunicef.files.wordpress.com/2018/07/resumen-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps-unicef-mecc81xico-2018.pdf)

Repsol (2022), Estireno <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/estireno/index.cshtml>.

Saltos, P., Chango, I., Aldás, M. y Quiroz, F. (2015). “Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación,” Rev. Politec., Vol. 36, no. 2.

Sekharan, R. V., Abraham, B. T., & Thachil, E. T. (2012). Utilization of waste expanded polystyrene: Blends with silica-filled natural rubber. *Materials and Design*, 40, 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.03.042>

Smith, W. F., & Hashemi, J. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* (Cuarta ed.). México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

The American Chemistry Council (ACC) and The Canadian Plastics Industry Association (CPIA). (2014). Impact of plastics packaging on life cycle energy consumption & greenhouse gas emissions in the United States and Canadá, Substitution Analysis. Recuperado de <https://plastics.americanchemistry.com/Education - Resources/ Publications/Impact-of-Plastics-Packaging.pdf>.

Tecnologías Rennueva (2018) Plan nacional de manejo de residuos de EPS

<https://www.reciclaunicel.com.mx/media/1178/resumenejecutivoplannacionalde manejobeeps.pdf>

Unam en México el consumo Nacional de unicele es de 125 mil toneladas al año Teorema Ambiental,(2019) <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/en-mexico-el-consumo-nacional-de-unicele-es-de-125-mil-toneladas-anuales/>