

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL  
POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO EN LA FABRICACIÓN  
DE MACETEROS ECOLÓGICOS, 2022”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ABEL CHRISTIAN MARCA PINEDA**  
**Bach. ROBERTO CARLOS MENDOZA JORGE**

**TACNA – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL  
POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO EN LA FABRICACIÓN  
DE MACETEROS ECOLÓGICOS, 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de diciembre del 2022 estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : MSc. ALBERTO CARMELO CONDORI GAMARRA**

**SECRETARIO : Mtro. JUNIOR SOVIET MIRANDA GUTIÉRREZ**

**VOCAL : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS**

**ASESOR : DR. NORIBAL JORGE ZEGARRA ALVARADO**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros; Abel Christian Marca Pineda y Roberto Carlos Mendoza Jorge, en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI N° 70336355 y DNI N° 76087017 Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *“Evaluación de Algunas Propiedades Físicas del Poliestireno Expandido Reciclado en la Fabricación de Maceteros Ecológicos, 2022”* la misma que presentamos para optar el: Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 20 de febrero del 2023



.....  
**Abel Christian Marca Pineda**

**DNI: 70336355**



.....  
**Roberto Carlos Mendoza Jorge**

**DNI: 76087017**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación se la dedicamos a nuestras familias en las que siempre podemos contar y nos apoyan de forma incondicional continuamente las cuales han estado velando por nosotros durante todos estos años que ha durado nuestra formación profesional.

Bach. Abel Christian Marca Pineda  
Bach. Roberto Carlos Mendoza Jorge

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos cordialmente a nuestro asesor Ing. Noribal Zegarra Alvarado por todo el tiempo y la orientación dedicados de igual manera a nuestros docentes que nos guiaron durante nuestros largos años de formación profesional impartiendo sus conocimientos en las diferentes materias así como también a nuestra alma mater Universidad Privada de Tacna que nos acogió entre sus salones por ultimo a todos los que apoyaron la realización de este trabajo de una u otra manera.

Bach. Abel Christian Marca Pineda  
Bach. Roberto Carlos Mendoza Jorge

**ÍNDICE GENERAL**

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1.Descripción del problema.....	3
1.2.Formulación del problema.....	4
1.2.1.Problema General.....	4
1.2.2.Problemas Específicos .....	4
1.3.Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
1.3.1.Justificación Ambiental .....	4
1.3.2.Justificación Social.....	5
1.3.3.Justificación Socioeconómica .....	5
1.3.4.Justificación Académica.....	6

1.3.5.Justificación Técnica.....	6
1.4.Objetivos.....	6
1.4.1.Objetivo General.....	6
1.4.2.Objetivos Específicos.....	6
1.5.Hipótesis.....	7
1.5.1.Hipótesis General.....	7
1.5.2.Hipótesis Especifica.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.Antecedentes del Estudio.....	8
2.1.1.Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2.Antecedentes Nacionales.....	13
2.2.Bases Teóricas.....	13
2.2.1.Poliestireno.....	13
2.2.2.Tipos de Poliestireno.....	14
2.2.2.1.Poliestireno Cristal.....	14
2.2.2.2.Poliestireno de Alto Impacto.....	14
2.2.2.3.Poliestireno Extruido.....	15
2.2.2.4.Poliestireno Expandido.....	15
2.2.3.Desarrollo y Fabricación del Poliestireno Expandido.....	16
2.2.4.Impacto Ambiental del Poliestireno Expandido.....	17
2.2.5.Propanona.....	18
2.2.6.Gasolina de 95 Octanos.....	19
2.2.7.Thinner.....	19

2.3.Definición de Términos .....	20
2.3.1.Polimerización .....	20
2.3.2.Refinación.....	20
2.3.3.ASTM International .....	21
2.3.4.Normas de ASTM .....	21
2.3.5.Desarrollo Sostenible.....	21
2.3.6.Economía circular .....	21
2.3.7.Biodegradable.....	21
2.3.8.Los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	22
3.1.Tipo y Diseño de la Investigación.....	22
3.1.1.Tipo de Investigación .....	22
3.1.2.Diseño de Investigación .....	22
3.2.Acciones y Actividades .....	22
3.2.1.Etapa 1: Reciclaje del Poliestireno Expandido .....	22
3.2.2.Etapa 2: Pretratamiento .....	25
3.2.3.Etapa 3: Experimentación.....	27
3.2.4.ETAPA 4: Evaluación de las Propiedades del Material para el Macetero.....	31
3.2.4.1.Prueba para las Propiedades de Tracción .....	32
3.2.4.2.Prueba para el Coeficiente de Expansión Térmica Lineal .....	33
3.2.4.3.Prueba para Determinar la Temperatura de Ignición.....	34
3.2.4.4.Prueba de Índice o Alcance de Combustión y Tiempo de Combustión .....	35
3.2.4.5.Prueba de Permeabilidad de Recipientes Termoplásticos .....	36



3.3.Materiales y/o Instrumentos .....	37
3.3.1.Materiales .....	37
3.3.2.Instrumentos .....	37
3.4.Población y/o Muestra de Estudio .....	37
3.5. Operacionalización de Variables .....	38
3.6. Tratamiento de Datos y Análisis Estadístico .....	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	39
4.1. Laminas Producidas Usando Thinner como Disolvente .....	39
4.1.1.Resultados de la Prueba de Propiedades de Tracción.....	39
4.1.2. Resultados de la Prueba para Determinar el Coeficiente de Expansión Térmica Lineal y la Temperatura de Ignición .....	40
4.1.3.Resultados de la Prueba para el Alcance y Tiempo de Combustión .....	42
4.1.4.Prueba de Permeabilidad de Recipientes Termoplásticos .....	43
4.2.Laminas Producidas Usando Gasolina como Disolvente .....	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	45
CONCLUSIONES .....	47
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS .....	52

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Componentes del Diluyente (Thinner).....	20
Tabla 2. Cantidad de Poliestireno Expandido Recolectado.....	24
Tabla 3. Cantidad de Poliestireno Expandido después del Pretratamiento .....	26
Tabla 4. Cantidad Adecuada de Disolvente para la Disolución del Poliestireno Expandido.....	31
Tabla 5. Tiempo de Disolución del Poliestireno Expandido con los Diferentes Disolventes .....	31
Tabla 6. Operacionalización de Variables.....	38
Tabla 7. Límite de Elasticidad y Punto de Ruptura.....	39
Tabla 8. Coeficiente de Expansión Térmica Lineal .....	41
Tabla 9. Alcance y Tiempo de Combustión.....	42

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Centro Comercial Coronel Mendoza .....	23
Figura 2. Galerías Túpac Amaru II.....	23
Figura 3. Mercadillo Bolognesi.....	24
Figura 4. Punto de Acopio .....	25
Figura 5. Pesado del Poliestireno Expandido.....	25
Figura 6. Lavado del Poliestireno Expandido .....	26
Figura 7. Pesado del Poliestireno .....	28
Figura 8. Medición del Disolvente .....	28
Figura 9. Disolución del Poliestireno con Thinner .....	29
Figura 10. Disolución del Poliestireno con Gasolina .....	29
Figura 11. Lamina Producida Usando Gasolina como Solvente.....	30
Figura 12. Lamina Producida Usando Thinner como Solvente.....	30
Figura 13. Medición del Punto de Ruptura.....	32
Figura 14. Medición de la Expansión Térmica .....	33
Figura 15. Determinación de la Temperatura de Ignición.....	34
Figura 16. Medición del Alcance y Tiempo de Combustión.....	35
Figura 17. Medición de la Permeabilidad .....	36
Figura 18. Límite de Elasticidad y Punto de Ruptura .....	40
Figura 19. Coeficiente de Expansión Térmica Lineal .....	42
Figura 20. Alcance y Tiempo de Combustión.....	43
Figura 21. Vista de la Lámina en el Microscopio.....	44

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Hoja Técnica del Poliestireno Cristal.....	52
Anexo 2. Especificaciones Técnicas del Poliestireno Alto Impacto .....	53
Anexo 3. Hoja de Datos Tecnicos del Poliestireno Extruido.....	55
Anexo 4. Ficha Tecnica del Poliestireno Expandido.....	58
Anexo 5. Hoja de Seguridad de la Acetona.....	60
Anexo 6. Hoja de Seguridad de la Gasolina 95 Octanos.....	63
Anexo 7. Hoja de Seguridad del Thinner .....	66
Anexo 8. Matriz de Consistencia.....	70

## RESUMEN

El presente trabajo que lleva como título “Evaluación de Algunas Propiedades Físicas del Poliestireno Expandido Reciclado en la Fabricación de Maceteros Ecológicos, 2022”, tuvo como objetivo la evaluación de las propiedades físicas del poliestireno reciclado obtenido por medio de la utilización de disolventes (Gasolina y Thinner), para su disolución y recuperación, lográndose determinar que la cantidad de disolvente necesario para una apropiada disolución es de 3,33 mL de disolvente por gramo de poliestireno, en el caso del Thinner, mientras que para la gasolina fue de 1,88 mL por gramo. Además dejar claro que el Thinner es quien presenta las mejores capacidades para la disolución del poliestireno expandido, con la finalidad de ser reutilizado en la fabricación de maceteros ecológicos. Por otro lado, el material recuperado fue sometido a diversas pruebas indicadas por los estándares de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM), referente a materiales plásticos para comprobar su calidad; las cuales dieron muy buenos resultados demostrando que el material obtenido de poliestireno reciclado es de alta calidad, teniendo una buena resistencia a la tracción, estando su límite de elasticidad así como su punto de ruptura estipulado en 1 cm, de igual manera se pudo observar que el material posee un bajo coeficiente de expansión térmica lineal a temperaturas inferiores a los 100 °C siendo este menor a un milímetro, pero también una elevada temperatura de ignición superior a los 100 °C, mientras que su alcance y tiempo de combustión se encuentra dado en 10 segundos por centímetro de material, por último quedo demostrado que el material es impermeable, todos estos resultados demostraron que el poliestireno expandido reciclado es un muy buen material para la producción de maceteros ecológicos.

Palabras clave: disolvente, ignición, impermeable, poliestireno expandido, tracción.

## ABSTRACT

The present work, which is entitled "Evaluation of Some Physical Properties of Recycled Expanded Polystyrene in the Manufacture of Ecological Planters, 2022", had as objective the evaluation of the physical properties of recycled polystyrene obtained through the use of solvents (Gasoline and Thinner), for its dissolution and recovery, being able to determine that the amount of solvent necessary for proper dissolution is 3.33 mL of solvent per gram of polystyrene, in the case of Thinner, while for gasoline it was 1.88 mL per gram. Also make it clear that the Thinner is the one that presents the best capacities for the dissolution of expanded polystyrene, with the purpose of being reused in the manufacture of ecological planters. On the other hand, the recovered material was subjected to various tests indicated by the standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM), referring to plastic materials to verify their quality; which gave very good results, demonstrating that the material obtained from recycled polystyrene is of high quality, having good tensile strength, with its elastic limit as well as its breaking point stipulated at 1 cm, in the same way it was observed that the material has a low coefficient of linear thermal expansion at temperatures below 100 °C, this being less than one millimeter, but also a high ignition temperature above 100 °C, while its burning range and time is given in 10 seconds per centimeter of material, finally it was demonstrated that the material is waterproof, all these results showed that recycled expanded polystyrene is a very good material for the production of ecological planters.

Keywords: solvent, ignition, waterproof, expanded polystyrene, traction.

## INTRODUCCIÓN

El poliestireno expandido es producido en grandes cantidades a nivel mundial, siendo utilizado para el empaqueo de diversos productos de toda índole, debido a las múltiples propiedades que presenta, siendo la más importante su baja densidad, sin embargo, esta también es una de las razones que dificultan su disposición final, generalmente por el espacio que ocupa en los rellenos sanitarios, representando un riesgo por reducir su vida útil, así como causar deslizamientos provocados significativamente por la compactación del poliestireno, producida por la acumulación de los residuos ocasionando que la estabilidad de los rellenos sanitarios disminuya. Por otro lado debido a su naturaleza el poliestireno se fragmenta con facilidad, contaminando masas de agua superficiales y entrando a la cadena trófica, afectando seriamente a la flora y fauna de los diversos ecosistemas.

El problema del poliestireno expandido es un tema muy poco estudiado, pero representa un grave problema en el contexto del reciclaje y los residuos sólidos, por lo que se han llevado a cabo algunas investigaciones que buscan reaprovechar dicho material con diversas aplicaciones, entre las cuales se encuentra su reutilización para la producción de barnices, así como también de ladrillos, siendo de igual manera utilizado como agregado del concreto. Pero, además, su disolución ocasiona la liberación del aire que se encuentra en su estructura interna, responsable de darle muchas de las propiedades que posee sin degradar su cadena polimérica, permitiendo que el material pueda ser reutilizado para la elaboración de diversos artículos de diferente índole.

En el Perú actualmente no existen investigaciones respecto a la reutilización del poliestireno expandido, por lo que es necesario marcar un precedente en la línea de investigación para futuros trabajos similares que busquen formas óptimas de reutilizar el poliestireno expandido formando parte del enfoque de la economía circular y el desarrollo sostenible, tomando esto como base, se llevó a cabo la siguiente investigación, que se enfocó en analizar las propiedades físicas del poliestireno reciclado con diferentes disolventes para la fabricación de maceteros ecológicos, permitiendo de esta forma reducir la contaminación, así como los problemas que causa su disposición final. Además de brindar una oportunidad de negocios para las personas de bajos ingresos mejorando su condición económica.

Por otro lado en la ciudad de Tacna no existen programas para la reutilización del poliestireno expandido, siendo necesario realizar investigaciones y propuestas que tengan como objetivo la reutilización del poliestireno expandido, sobre todo porque la ciudad de Tacna, se encuentra en zona fronteriza y presenta un alto movimiento de productos en los diferentes centros comerciales que por lo general utilizan poliestireno expandido para su embalaje, ocasionando que este sea desechado en grandes cantidades y pueda ser recolectado para su reaprovechamiento, utilizando disolventes disponibles en el mercado local de fácil adquisición como económicos permitiendo que el material resultante sea utilizado para la elaboración de maceteros.



## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del Problema

La contaminación del suelo y las fuentes de agua a nivel mundial representan un problema sumamente importante, debido a que provocan serios daños en la salud de los seres humanos, así como de animales. En las últimas décadas producto de la revolución industrial como del consumismo desmesurado, los niveles de contaminación provocados por el poliestireno expandido se han incrementado de manera alarmante por todo el mundo.

La producción de poliestireno expandido aumento por los múltiples usos que se le da en las distintas industrias, así como su gran capacidad adaptativa, su bajo costo además de su fácil adquisición, en la actualidad el poliestireno expandido está presente en nuestra vida diaria, algunos de los sectores que más lo utilizan se encuentran en los centros comerciales que lo emplean como producto de embalaje, cumpliendo la función de amortiguador. En los mercados y en el sector alimenticio en forma de platos, cucharas, tenedores, botellas, tapers, vasos, entre otros, de igual forma existen un sinnúmero de productos de poliestireno.

La adecuada gestión de los residuos plásticos tales como el poliestireno expandido forma parte importante de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, con respecto a los plásticos se busca conseguir una producción y consumo responsables, así también ciudades que sean sostenibles, de igual modo tomar medidas por el clima como conseguir energía asequible que no sea contaminante, además de proteger la biodiversidad submarina. Por otro lado la economía circular actúa como un modelo de sistema cerrado, permitiendo la reutilización de los residuos plásticos, evitando que estos alcancen los rellenos sanitarios o los diferentes ecosistemas y puedan ser reutilizados como materias primas para fabricar nuevos productos.

En el Perú el uso excesivo de poliestireno lo convierte en una gran amenaza, no solo por la contaminación que pueda causar, sino por la gran cantidad de espacio que se requiere para su disposición final en los diversos rellenos sanitarios así como botaderos municipales que se encuentran por todo el país, los cuales tienen un gran déficit debido a la enorme generación de residuos sólidos

ocasionando que estos alcancen su límite más rápido de lo previsto y que además con el tiempo puedan causar hundimientos, así como también deslizamientos producidos a causa del poliestireno que se compacta por el peso.

En la ciudad de Tacna por su ubicación como zona fronteriza, se puede observar los efectos más perjudiciales del uso excesivo del poliestireno, debido en gran medida a su bajo costo y fácil adquisición en los diversos establecimientos que lo distribuyen, ocasionando que se utilice con mayor frecuencia en el transporte de mercancías así como también en la distribución de alimentos, los cuales luego de ser utilizados no son segregados de forma adecuada, generando una gran cantidad de residuos los cuales ocasionan un serio impacto negativo sobre el medio ambiente.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál será la evaluación de algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado en la fabricación de maceteros ecológicos, 2022?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál es la cantidad adecuada de disolvente para una apropiada disolución del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, 2022?
  
- b) ¿Cuánto es la proporción adecuada de poliestireno expandido para la fabricación de maceteros ecológicos, 2022?

## **1.3. Justificación e Importancia de la Investigación**

### **1.3.1. Justificación Ambiental**

Conociendo la situación actual de la ciudad de Tacna frente a la cultura de consumismo que se ha generado en torno a los diversos productos de poliestireno expandido, se requiere de una solución adecuada tanto para su reciclaje, así como su reaprovechamiento, ya que en la actualidad los medios de reciclaje de este producto son muy costosos, además la cantidad de material que se recupera es bastante bajo, por lo cual se propone la solución de fabricación de maceteros a partir de poliestireno expandido reciclado, a un bajo costo de forma que se puedan

evaluar las propiedades físicas del material para determinar la calidad del macetero.

Los residuos sólidos plásticos como el poliestireno expandido producidos en la ciudad de Tacna, representan un grave problema, debido a la falta de un adecuado manejo y disposición final de los mismos, representando una importante amenaza para el ambiente, debido en gran parte a que estos al fragmentarse pueden entrar con mucha facilidad a los diversos ecosistemas, así como también a la cadena trófica afectando seriamente a la flora y fauna. Por otro lado también existe un serio peligro para la salud humana, ocasionado por el consumo de especies que se han alimentado del poliestireno, los cuales podrían ser ingeridos es por esto que se necesita de un adecuado reciclaje del mismo que permita evitar que se disperse en el ambiente.

### **1.3.2. Justificación Social**

El reciclaje del poliestireno expandido permitirá poner sobre la mesa temas como la economía circular, así como el desarrollo sostenible y la gestión adecuada de los recursos, permitiendo la toma de conciencia por parte de los ciudadanos, de igual manera se espera que esto motive a la población a involucrarse más en los temas correspondientes al reciclaje como de informase con respecto al impacto ambiental que producen los plásticos, promoviendo iniciativas como programas que permitan el desarrollo de una cultura de reciclaje.

### **1.3.3. Justificación Socioeconómica**

En la búsqueda de un modelo de economía circular, el cual ha creado un cambio de paradigma en lo referente a la producción y consumo de materiales en donde los plásticos reciclados pueden ofrecer diversos beneficios económicos considerables, sobre todo como consecuencia de su gran producción y demanda pero de su poco reaprovechamiento, siendo un mercado aun sin explotar con mucho futuro debido a la capacidad de ser recuperados y reutilizados permitiendo fabricar nuevos productos, de esta manera se consigue lograr un desarrollo sustentable, que reduce la cantidad de recursos que se destinan para fabricar nuevos productos, así como también generar ingresos mejorando las condiciones económicas de los sectores de bajos ingresos de la ciudad de Tacna, así como también ofrecer una gran oportunidad de negocios para muchas familias que lo necesiten.

### **1.3.4. Justificación Académica**

Lamentablemente no existen muchos estudios académicos sobre el reciclaje del poliestireno, en parte debido a que se considera muy complejo de realizar, pero aun así algunos autores han seguido este rubro con el objetivo de avanzar en la investigación científica con respecto a la reutilización del poliestireno expandido ya que representa una seria amenaza para el medio ambiente y la salud humana, además que sus trabajos permitieron marcar un precedente para futuras investigaciones basadas en el reciclaje del poliestireno.

### **1.3.5. Justificación Técnica**

Las técnicas de reciclaje de plásticos han ido avanzando, así como desarrollándose a lo largo de los años, permitiendo descubrir nuevas formas cada vez más rentables y eficientes de reaprovechar estos recursos, reduciendo la contaminación ambiental provocada por los mismos con el objetivo de contribuir al mejoramiento de las técnicas existentes, las cuales representan una gran contribución para el desarrollo sostenible de las ciudades por lo que cualquier aporte puede servir como apoyo para el desarrollo de nuevas técnicas de reciclaje como también para promover su utilización.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluación de algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, 2022.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Comprobación de la cantidad adecuada de disolvente para una apropiada disolución del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, 2022.
  
- b) Determinación de la proporción adecuada de poliestireno expandido para la fabricación de maceteros ecológicos, 2022.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La evaluación de algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, demuestran que son de alta calidad.

### **1.5.2. Hipótesis Específica**

- a) La cantidad adecuada de disolvente para una apropiada disolución de poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, es eficiente.
  
- b) La proporción adecuada de poliestireno expandido para la fabricación de maceteros ecológicos, permite lograr una mezcla efectiva.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Antecedentes del Estudio

#### 3.1.1. Antecedentes Internacionales

Jiménez & Hincapié (2021), realizaron una investigación sobre la reducción del volumen del poliestireno expandido producto de los servicios de alimentación de un centro educativo en Medellín, mediante el uso de un aceite esencial que fue extraído de la cascara de naranja utilizando la técnica de hidrodestilación como solvente, por medio de un diseño experimental factorial en donde las proporciones del solvente y el poliestireno variaron provocando la reducción total de su volumen, así como también la velocidad de agitación resulto ser un parámetro a tomar en cuenta durante la medición del tiempo que tardo el solvente para la reducción del volumen, dando como resultado que el aceite extraído es un gran disolvente siendo capaz de disolver por completo el poliestireno en una amplia gama de proporciones siendo la de 1:1 con una velocidad de agitación de 300 rpm la más eficiente.

Peñuela (2021), llevó a cabo una caracterización comparativa del poliestireno para el diseño de una línea de productos ecológicos mediante una investigación aplicada, así también presenta las especificaciones del material de estudio y los cálculos necesarios para su utilización en los diferentes productos que se pueden desarrollar a partir del poliestireno expandido, de tal manera que se pueda reducir la contaminación en su disposición final, buscando de esta forma que los datos obtenidos del estudio puedan servir para impulsar la reutilización del material, así como su comercialización, ayudando a reducir los niveles de contaminación en la ciudad de Bogotá. Por otro lado, los resultados demostraron que el material en cuestión presenta niveles altos de resistencia y dureza como también una gran capacidad para ser moldeado en una forma laminar.

Pardo & León (2021), llevaron a cabo un estudio sobre la concentración, así como la temperatura óptimas para la disolución del poliestireno expandido, utilizando solventes basados en compuestos naturales tales como el limoneno y el aceite de eucalipto, los cuales por medio de varios ensayos de laboratorio permitieron de esta forma comparar los parámetros de solubilidad con ambos disolventes, dando como resultado una reducción del volumen del poliestireno expandido casi en su totalidad, de igual manera se pudo observar que las

capacidades de disolución de los disolventes se ven incrementadas con el aumento de la temperatura, así como también la reducción del tiempo de dilución, además se determinó que el limoneno posee una mejor miscibilidad frente al aceite de eucalipto y una menor dependencia de energía a la hora de realizar la disolución.

Alvarado & Márquez (2020), realizaron un diseño de una pintura a partir del poliestireno expandido, permitiendo su reutilización utilizando solventes que poseen la capacidad de disolver el poliestireno, así como de que los mismos no causen daños al ambiente y sean económicos para lo cual se utilizó el Thinner como disolvente en una proporción de 300 mL por cada 50 g de poliestireno expandido, con el propósito de obtener una mezcla heterogénea del polímero sirviendo como base para la determinación de la solubilidad de los disolventes, además durante este proceso se observó la eliminación de todo tipo de impurezas debido a que el Thinner presenta una mezcla de diversos compuestos orgánicos, los cuales no están definidos y permiten separar al poliestireno de cualquier impureza que este posea, permitiendo así su utilización para la fabricación de pinturas mediante la adición de diversos solventes orgánicos.

De manera similar Cabrera et al. (2020), llevó a cabo un estudio en el cual desarrollaron procedimientos para la obtención de poliestireno reciclado a partir de poliestireno que no ha sido reutilizado, utilizando como disolventes la acetona y el limoneno, además exponen de forma detallada los diferentes ensayos que se llevaron a cabo en los cuales se utilizaron envases de yogures de poliestireno que fueron disueltos por el limoneno, mientras que el poliestireno expandido fue disuelto por la acetona, se optaron por estos materiales ya que son comunes en los hogares, es por esto que se fabricaron probetas para los ensayos los cuales duraron entre 2-3 días en secar a partir del poliestireno disuelto con limoneno que fue obtenido de la ralladura de la piel de naranjas, mientras que para la disolución del poliestireno expandido se utilizó la acetona obteniéndose un material maleable el cual tuvo un secado de 3 días. Tras los ensayos de observación con lupa, análisis térmico y resistencia a la humedad, se obtuvo como resultado que en el poliestireno disuelto con acetona presenta una microestructura muy lisa, así también se observaron cambios físicos como pequeñas incisiones a los 100°C, fundiéndose completamente a los 170°C. Por otro lado la resistencia a la humedad muestra que el material carece de resistencia, mientras que con el limoneno se observa una microestructura más rugosa además los cambios físicos se presentan a 80°C, asimismo el reblandecimiento a los 100°C, mientras que a los 170°C se vuelve

pegajoso y a los 210°C se funde igualmente la resistencia a la humedad muestra que el material presenta mucha resistencia. Por lo cual se llega a la conclusión que ambos métodos son muy factibles pero que el disuelto con limoneno es una mejor opción.

Prado & Guzmán (2019), realizaron una propuesta técnica y ambiental para el óptimo aprovechamiento del poliestireno expandido post consumo, el cual tenía por objetivo principal establecer una propuesta técnica y ambiental factible para potencializar el aprovechamiento del poliestireno expandido post consumo, en el cual se detalla el tratamiento que se le debe de realizar al poliestireno para su reciclaje, de igual manera las características que posee como también el tiempo en el cual se degrada permitiendo su reutilización como resina y detergentes, lo cual dio como resultado una propuesta técnica para su aprovechamiento, así como también como parte de las conclusiones que existen más métodos para aprovecharlo los cuales pueden utilizarse de forma efectiva.

Marshal et al. (2019), realizaron un estudio de elaboración de ladrillos de poliestireno a partir de perlas de poliestireno como alternativa amigable con el medio ambiente con el objetivo de evaluar la resistencia, dureza y su peso. Los ladrillos fueron elaborados con la misma metodología que un ladrillo convencional en el cual la arcilla es extraída y almacenada en un lugar abierto mientras que para el mezclado de la arcilla con las perlas de poliestireno se hizo en tres porcentajes distintos por un tiempo de entre 4-5 minutos. Luego fue vertido en moldes los cuales se hicieron vibrar durante 30 segundos, una vez terminado se retiraron del molde y se dejaron secar por 3-4 días, por último la curación se realizó en periodos de entre 7-21 días, sumergidos en agua para después ser pesados, así como sometidos a pruebas de absorción de agua y resistencia a la compresión donde se obtuvo como resultado que los ladrillos de poliestireno son más ligeros que los ladrillos de arcilla quemada. Los ladrillos ligeros de poliestireno poseen una resistencia adecuada para la construcción de un muro mientras que en la absorción de agua es mejor que un ladrillo convencional.

Alfaro (2019), efectuó diversos análisis para estudiar las capacidades de un barniz que fue elaborado a partir de poliestireno expandido reciclado con el objetivo de ser utilizado en estantes de madera, evitando de esta forma su deterioro debido al uso excesivo siendo la razón por la que se tuvo que tomar en cuenta diversos factores con respecto al disolvente de manera que este fuera el más adecuado para



llevar a cabo la disolución del poliestireno, dando como resultado que el Acetato de Etilo presentaba las características más adecuadas para dicha tarea en parte por ser un disolvente de baja toxicidad con un DL50 de 5800, además de poseer una velocidad media de evaporación, así como tener un bajo costo por otro lado para la producción del barniz se realizaron 4 mezclas cada una de ellas con 5 mL de disolvente y valores de 1 g, 1,2 g, 2,7 g y 3,1 g de poliestireno siendo las primeras dos las que cumplían con las mejores condiciones para su utilización como barniz.

Hernández (2018), efectuó una investigación que tenía como objetivo la generación de productos de alto valor agregado por medio del reciclaje de poliestireno expandido para lo cual fue necesario realizar un análisis de las diferentes sustancias químicas orgánicas que tienen la capacidad de disolver el poliestireno, permitiendo que pueda ser reutilizado para la fabricación de paneles, así como de otros productos por este motivo se utilizaron como disolventes diferentes compuestos entre los cuales están el Diésel al igual que la Gasolina PEMEX, la Acetona comercial, el monómero de estireno, el Thinner de igual manera el Tolueno y el Peróxido de Metil Etil Cetona lo que dio como resultado que tanto la Acetona como el Diésel presentaran una nula disolución del poliestireno expandido cuando se utilizó una cantidad de 20 g de disolvente contra 1 g de poliestireno, por otro lado la Gasolina PEMEX, el Monómero de Estireno, el Thinner estándar, así como el Tolueno presentan una gran capacidad para disolverlo en dichos casos para cada una de las sustancias se utilizaron 100 g de las mismas y diferentes cantidades de poliestireno como en el caso del Thinner donde se empleó 77,6 g presentando una capacidad máxima de disolución del 77.6 %, por otro lado la Gasolina PEMEX 82,5 g con 67.5%, así también con el Monómero de Estireno 113,9 g con 99% y el Tolueno 115,7 g con 100% de capacidad de disolución, permitiendo que el poliestireno pueda ser utilizado para la fabricación de diversos productos mediante la adición de otras sustancias.

Delgado et al. (2018), realizó un estudio del reciclado del poliestireno expandido en instituciones educativas para su uso como impermeabilizante, donde su objetivo fue elaborar una resina, la cual se realizó por etapas, siendo la primera el acopio del poliestireno, luego el pretratamiento que consistía en eliminar las impurezas presentes en el poliestireno, después se determinó los solventes que se utilizarían, los cuales fueron thinner y acetona donde a la disolución se le agregó PVC en polvo, por último la validación de la resina tuvo como resultado que ambos sirven para la fabricación de resina, sin embargo la que contenía PVC se rompió.

Caamal (2018), llevó a cabo un estudio de las propiedades que presentaba un látex que fue elaborado a partir de poliestireno, usando como disolventes acetona y de igual manera cloroformo, así como también limoneno de naranja de los cuales se utilizó 50 mL de cada uno de ellos en vasos de precipitados para después añadirles 10 g de poliestireno dando como resultado que tanto el cloroformo, así como también el limoneno presentaron la mejor capacidad de disolución del poliestireno siendo en el caso el Limoneno de 0,26 g/mL con un tiempo de disolución de 4.05 min mientras que para el Cloroformo de 1,28 g/mL con un tiempo de 40 min dicha diferencia es debido al grado de solvatación de cada sustancia que permite la excitación de las moléculas del poliestireno expandido cuando entran en contacto, ocasionando la liberación del aire que se encuentra atrapado en su estructura sin degradar la cadena polimérica, permitiendo de esta forma su recuperación y reutilización para la fabricación de diferentes productos.

Contreras (2015), realizó una investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido, donde su objetivo principal fue identificar el uso que se le da a los residuos de poliestireno expandido y el interés presentado por emprender un proyecto de reaprovechamiento de este material, teniendo como resultado que por lo general el reciclaje de este material es desconocido por las personas, provocando que el potencial de este material sea desaprovechado por el desconocimiento, por otro lado las personas que recogen los residuos muestran preocupación por esto, por lo cual se concluye que la cultura de reciclaje en las personas aún no se ha desarrollado de manera adecuada y es debido a esto que se desperdicia su potencial.

Entonces Espinoza et al. (2011), realizó un estudio experimental sobre los efectos de diferentes disolventes orgánicos sobre el poliestireno expandido y posibles aplicaciones de los productos obtenidos, en el cual se tuvo por objetivo la determinación de mezclas óptimas para darle distintos usos al poliestireno, los solventes que se utilizaron fueron acetona, acetato y gasolina en distintas concentraciones donde se obtuvo como resultado que el poliestireno tuvo distintas reacciones frente a estos solventes orgánicos, dentro de las cuales algunas funcionaban para algunos usos tales como pegamento y barniz, lo que llevo a la conclusión que el poliestireno al disolverse con sustancias orgánicas, puede reutilizarse.

### **3.1.2. Antecedentes Nacionales**

Pacaya (2021), realizó una investigación con un diseño experimental de tipo descriptivo sobre la utilización del limoneno extraído de las cascaras de naranjas, recolectadas de los mercados de Iquitos como disolvente natural del poliestireno expandido para la elaboración de un barniz ecológico para madera donde se analizaron las capacidades del limoneno en la disolución del poliestireno, permitiendo conocer la proporción adecuada para la fabricación de dicho barniz cuyos resultados arrojaron que a una proporción de 5:10 es la más adecuada para una correcta dilución con la finalidad de obtener un barniz ecológico de alta calidad con una buena adherencia y brillo, además de poseer un ligero aroma a naranja.

Así mismo Balvin et al. (2019), llevó a cabo el estudio de fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción utilizando poliestireno expandido granular biowall con el objetivo de elaborar ladrillos livianos ecológicos, contribuyendo a disminuir los impactos negativos de la fabricación de ladrillos convencionales y reutilizar el poliestireno. Para la fabricación se empleó la metodología del “diseño de proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado” el cual sirvió como base para los cálculos de los componentes como el agregado fino, cemento portland tipo I, aguay poliestireno. En el cual se tuvo como resultado en las pruebas de resistencia a la compresión que cumple con los requerimientos y el peso es menor que de los ladrillos convencionales. Se llegó a la conclusión de que la fabricación de ladrillos ecoamigables es viable permitiendo de esta manera la minimización de los impactos negativos que genera en el medio ambiente, además de contribuir a que los productos de construcción sean amigables con el ambiente pero también que tengan un mayor desarrollo y difusión.

## **3.2. Bases Teóricas**

### **3.2.1. Poliestireno**

Las raíces del nacimiento de lo que conocemos como poliestireno empezaron en 1831 con el descubrimiento del estireno un líquido incoloro que había sido aislado originalmente de la corteza de un árbol, sin embargo actualmente se extrae en gran escala a partir del petróleo siendo de esta forma más rentable, por otro lado durante la investigación del mismo fue cuando se realizó el hallazgo del polímero siendo este una cadena compuesta de monómeros (Barrios, 2020).

El poliestireno ( $C_8H_8$ )<sub>n</sub> es un plástico de uso general que se puede utilizar para fabricar diversos productos de consumo humano. Debido a que es un plástico sólido y duro, a menudo es utilizado en productos que requieren transparencia, como empaques de alimentos y equipos de laboratorio. Cuando se combina con varios colorantes, aditivos y otros plásticos, el poliestireno se puede utilizar para fabricar electrodomésticos, productos electrónicos, autopartes, juguetes, macetas y equipos de jardín, etc. (Entidad Técnica Profesional especializada en Plásticos y Medio Ambiente [EcoPlas], 2011).

### **3.2.2. Tipos de Poliestireno**

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existiendo en cuatro tipos principales:

#### **3.2.2.1. Poliestireno Cristal**

El producto de la polimerización del estireno puro se llama poliestireno cristalino o poliestireno de uso general siendo un sólido transparente, duro y frágil. Es vidrioso a temperaturas inferiores a 100 °C. Por encima de esta temperatura, es fácil de procesar y se le pueden dar varias formas, así como transparencia, dureza y fragilidad (EcoPlas, 2011). La empresa Resirene implementa una Hoja Técnica HF-555, en la cual detalla las propiedades y características del poliestireno cristal (Anexo 1).

#### **3.2.2.2. Poliestireno de Alto Impacto**

El poliestireno de alto impacto (HIPS) tiene la propiedad de ser un termoplástico blanco, de transparente a opaco, posee resistencia al desgaste y una fuerte resistencia al impacto. A escala microscópica muestra una estructura muy compleja.

Tutusaus Domingo et al. (2006), para mejorar la resistencia mecánica del material, se añade hasta un 14% de caucho casi siempre polibutadieno en la reacción de polimerización, ocasionando que sea más fuerte y pueda soportar impactos sin romperse. Su principal desventaja es su opacidad, aunque algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno translúcido de impacto.

EcoPlas, (2011), la empresa EQUIPOL implementa un documento con especificaciones técnicas, en la cual detalla las propiedades y características del poliestireno alto impacto (Anexo 2) Zamudio Peña et al. (2018).

### **3.2.2.3. Poliestireno Extruido**

El poliestireno extruido es fácilmente caracterizado como una espuma plástica que es producida a partir de la extrusión de una mezcla fluida de poliestireno y gas espumoso. Es un material altamente aislante, una de sus principales características es su muy bajo valor de conductividad térmica: de 0,029 W/m.K a 0,036 W/m.K (Palomo, 2010). Se puede obtener una espuma rígida llamada poliestireno extruido (XPS) a partir del poliestireno cristalino fundido mediante la inyección de gas. Su rendimiento es similar al EPS y puede competir con él en aplicaciones de aislamiento, pero a diferencia del EPS, el poliestireno extruido tiene burbujas cerradas, por lo que puede empaparse sin perder sus propiedades aislantes (EcoPlas, 2011).

La estructura de celda completamente cerrada de poliestireno extruido le confiere una excelente resistencia a la absorción de agua y como material de aislamiento térmico. Debido a la alta uniformidad de los agujeros, la alta rigidez de la estructura del agujero proporciona una alta resistencia mecánica. (Soluciones de Aislamiento Térmico Con Poliestireno Extruido (XPS) Para Una Edificación Sostenible, n.d.) La empresa PALAU implementa una ficha técnica, en la cual detalla las propiedades y características del poliestireno extruido (Anexo 3).

### **3.2.2.4. Poliestireno Expandido**

La Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE) define al poliestireno expandido como un material plástico que es fabricado con base en el moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno expandible que usualmente presenta un color blanco y una estructura celular cerrada, así como rellena de aire hasta en un 98% con solo un 2% de poliestireno siendo un derivado del plástico fabricado a partir del petróleo, además de ser un polímero lineal de igual manera es un producto atáctico como amorfo, por otro lado es un termoplástico con muchas propiedades mecánicas como térmicas muy útiles a pesar de ser muy frágil y reblandecerse a temperaturas inferiores a los 100 °C, al mismo tiempo el poliestireno expandido puede ser reducido por una diversa variedad de disolventes (Caamal, 2018).

En definitiva el EPS es un material químicamente inerte y no biodegradable, lo que quiere decir que no se descompone, no se desintegra, no desaparece en el medio ambiente y no contiene clorofluorocarbonos (CFC). Por lo cual, el EPS no puede contaminar químicamente el aire. Pero, por otro lado, si no se recicla, puede causar problemas ambientales porque se considera un material no biodegradable (Martínez López y Lianes Canepa, 2013). La empresa Rolan implementa una hoja de datos técnicos, en la cual detalla las propiedades y características del poliestireno expandido (Anexo 4).

### **3.2.3. Desarrollo y Fabricación del Poliestireno Expandido**

El poliestireno fue sintetizado a nivel industrial por primera vez en 1930, mientras que durante el conocido como boom del plástico que estaba en su apogeo a finales de la década de los 50, el Dr. F. Stastny propuso a la conocida empresa alemana BASF el desarrollo, así como la producción de un nuevo y revolucionario producto conocido como poliestireno expandido, bajo la denominación de Styropor siendo utilizado por primera vez como aislante para construcción, inicialmente en las mismas instalaciones donde fue desarrollado (Barrios,2020).

El proceso de fabricación del poliestireno expandido tiene como base la destilación del petróleo como nafta lo que implica la generación de diversos derivados pero principalmente para la formación del material solo se emplean el benceno, así como también el etano los cuales son utilizados en conjunto siendo procesados para obtener etileno el cual es un monómero que debido al proceso de polimerización, reacciona formando una cadena estructural lo que se conoce como polímero, en otras palabras el etilbenceno formado a partir del etileno y benceno una vez que ha sido catalizado da como resultado el estireno que se vincula por medio del proceso de polimerización de adición, que ocurre cuando cada una de las moléculas del monómero se une a otra formando poliestireno, sin embargo este aún necesita de un agente expandente el cual puede ser pentano, que es colocado junto a la materia prima virgen por medio de la utilización de vapor de agua que actúa como vector de energía, encontrándose a una baja presión es en estas condiciones que el pentano incrementa su volumen unas 50 veces, provocando la generación de perlas de poliestireno que se encuentran pre expandidas, las cuales son colocadas en silos después de enfriarse permaneciendo de esta forma durante varios días hasta que se estabilicen para que después puedan ser colocadas en moldes donde son otra vez expandidas, utilizando nuevamente vapor de agua

ocasionando que las perlas se sinteticen y se unan unas con otras (Barrios,2020).

El material en sí mismo es un plástico poroso duro moldeado a partir de las perlas de poliestireno expandible, que muestra una estructura porosa cerrada llena de aire, además es conocido por una serie de nombres comunes como corcho blanco, suro blanc o sus diversos nombres comerciales (Ganzalez Madariaga, 2005) Poliestireno expandido (EPS). Su principal finalidad es ser utilizado como aislante para la construcción y embalaje de productos frágiles, siendo muy ligero (Martinez Lopez y Lianes Canepa, 2013).

#### **3.2.4. Impacto Ambiental del Poliestireno Expandido**

Esencialmente el poliestireno expandido viene a ser uno de los plásticos que presenta más dificultades para su reciclaje, a pesar de esto actualmente existen diversas propuestas para su reutilización, sin embargo muchas de ellas implican altos costes, ocasionando que muchas empresas no busquen involucrarse debido a los bajos beneficios económicos que se obtendrían, además debido a que el poliestireno expandido no es biodegradable este termina acumulándose de forma alarmante en el ambiente. Por otro lado como consecuencia de su baja densidad suele dispersarse con mucha facilidad, siendo transportado por el viento a largas distancias llegando hasta diversos cuerpos de agua donde afecta a la flora y fauna entrando con facilidad a la cadena trófica de los diversos ecosistemas en los que se encuentra, debido a que puede transformarse en micro plástico con mucha facilidad y ser consumido por las especies locales las cuales al ser incapaces de digerir el material ocasiona que este se acumule en sus cuerpos llevándolos a la muerte pudiendo afectar incluso a los humanos, debido al consumo de animales que se encuentren contaminados (Barrios,2020).

Actualmente el poliestireno expandido representa un serio problema para la gestión de los residuos sólidos alrededor del mundo como consecuencia de los elevados costos operativos para su reutilización haciéndolo insostenible para las empresas, sin embargo en los últimos años se han popularizado diversos métodos que permiten su reaprovechamiento a pequeña escala en el marco de la economía circular y la búsqueda de un desarrollo sostenible, muchas de estas iniciativas fueron propuestas por investigadores que realizaron diversos estudios referentes al tema utilizando métodos como la disolución del poliestireno expandido por medio de disolventes, así como también mediante la utilización de un tratamiento térmico

entre otros, además de generar conciencia en la población de los peligros que representa para el medio ambiente y la salud, asimismo han permitido la creación de pymes de todo tipo con gran rentabilidad económica, así como también cooperativas que generan grandes beneficios para los socios.

### **2.2.5. Propanona**

La propanona o más conocida por su nombre común como acetona es una sustancia química que existe naturalmente en el medio ambiente y también se produce industrialmente. La acetona  $C_3H_6O$  también se usa para disolver otras sustancias como un líquido incoloro, de olor característico agradable, volátil, altamente inflamable y sus vapores son más pesados que el aire (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 1994). Es obtenido como el subproducto en la fermentación por medio de la cual se obtiene alcohol butílico; por oxidación de isopropanol; por ruptura de hidroperóxido de cumeno por la cual se obtiene, además, fenol; por destilación de acetato de calcio; por destilación destructiva de madera y a partir de oxidación por cracking de propano (ATSDR, 1994).

Es utilizada como disolvente de grasas, aceites, ceras, hules, plásticos, lacas y barnices. Se usa en la manufactura de algunos explosivos, rayón, películas fotográficas, elaboración de removedores de pinturas así como barnices, purificación de parafinas, en la deshidratación y endurecimiento de tejidos, en la extracción de algunos productos tanto vegetales como animales, también actúa como materia prima en una gran variedad de síntesis en química orgánica. Por otra parte, junto con hielo y dióxido de carbono sólido, se puede utilizar para enfriar a temperaturas muy bajas (ATSDR, 1994).

La acetona es muy utilizada para la disolución del poliestireno expandido en diversas investigaciones previas debido a sus propiedades como disolvente, así como su fácil manejo, sin embargo en el Perú la acetona se encuentra dentro de la lista de insumos químicos y productos que son objeto de control y fiscalización según el artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1126 haciendo que su acceso este restringido y no se permita su venta al público. En el anexo 5 se encuentra, la hoja de seguridad de la acetona (Propanona) en la cual se detallan datos técnicos, propiedades, manejo adecuado y el riesgo.



### **3.2.5. Gasolina de 95 Octanos**

La gasolina de 95 octanos según PETROPERU es un producto que se obtiene del petróleo actuando como un combustible diseñado para motores de combustión interna que está constituido por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos siendo una sustancia combustible e inflamable la cual se obtiene a partir de la nafta de destilación directa siendo esta última la fracción líquida más ligera del petróleo, además de poseer una mezcla de hidrocarburos que se encuentra dentro del rango de entre 5 a 11 átomos de carbono, aparte de esto también se le añaden diversos aditivos que permitan una larga vida útil del motor y un alto rendimiento.

Por otro lado en el Perú su comercialización se encuentra regulada al estar dentro de la lista de insumos químicos y productos que son objeto de control y fiscalización en el marco del artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1126. En el anexo 6 se encuentra, la hoja de seguridad de la Gasolina de 90 octanos en la cual se detallan datos técnicos, propiedades, manejo adecuado y el riesgo.

### **3.2.6. Thinner**

El Thinner también conocido como diluyente es un producto que presenta una mezcla de compuestos orgánicos derivados del petróleo, los cuales no están definidos teniendo diferentes componentes como tolueno, alcohol metílico, acetato de etilo, metil etil cetona, heptano, hexano, acetona, benceno entre otras sustancias con una menor presencia siendo solventes orgánicos de diferentes polaridades los cuales proporcionan afinidad en un amplio rango tanto a sustancias polares como medianamente polares (Alvarado José y Márquez Ángel, 2020).

La composición del thinner (figura 1) se encuentra dada por tres sustancias que realizan una tarea específica siendo una de ellas un solvente activo el cual tiene un efecto inmediato sobre lo que se encuentra disolviendo, por otro lado un cosolvente que potenciara los efectos del solvente activo y por último un diluyente que le otorgará volumen al compuesto esto le permite disolver sustancias insolubles en agua, otro aspecto importante es que no todos los diluyentes poseen la misma capacidad de dilución dependiendo netamente de su composición (Morales Guadalupe y Peña Barreno, 2019).

**Tabla 1***Componentes del Diluyente (Thinner)*

<b>Sustancia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Tolueno	5 – 50
Alcohol Metílico	15 – 50
Cetonas	5 – 40
Hexano	5 – 30
Alcoholes	5 – 40
Xileno	5 – 20
Ésteres	3 – 50

*Nota.* Esta tabla muestra los porcentajes de los diferentes componentes del Thinner obtenido de Morales Guadalupe & Peña Barreno, (2019)

En algunas de las refinerías de PETROPERU se elabora disolvente alifático del petróleo por medio de operaciones de destilación y refinamiento, que presenta una gran estabilidad química así como también alta resistencia a la oxidación es por estas razones y sus características de solubilidad que es considerablemente utilizado en la fabricación de Thinner por otro lado en el Perú la adquisición del diluyente no supone algún problema porque su venta no se encuentra limitada por ninguna normativa legal en la actualidad siendo de fácil acceso y bajo costo. En el anexo 7 se encuentra, la hoja de seguridad del Thinner en la cual se detallan datos técnicos, propiedades, manejo adecuado y el riesgo.

### **3.3. Definición de Términos**

#### **3.3.1. Polimerización**

Este es un proceso químico mediante el cual los reactivos y los monómeros se agrupan químicamente, dando como resultado una molécula pesada (llamada polímero), una cadena lineal o una macromolécula tridimensional (EcoPlas, 2011).

#### **3.3.2. Refinación**

Es el proceso por el cual se separan los diversos componentes del petróleo que son utilizados como combustibles automotores y productos industriales (PETROPERU).

### **3.3.3. ASTM international**

La Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales es una de las más grandes organizaciones de desarrollo de normas voluntarias del mundo, siendo una fuente de confianza para las normas técnicas de materiales, productos, sistemas y servicios (ASTM).

### **3.3.4. Normas de ASTM**

Son las normas establecidas por la ASTM International con un papel importante en la infraestructura de información que guía el diseño, la fabricación y el comercio en la economía global (ASTM).

### **3.3.5. Desarrollo sostenible**

Implica la satisfacción de todas las necesidades de la actual generación sin comprometer la facultad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas actuando como un principio para el desarrollo mundial a largo plazo (ONU).

### **3.3.6. Economía circular**

Es un nuevo modelo de producción y consumo que busca extender el ciclo de vida de los productos reduciendo de esta manera la generación de residuos (UE).

### **3.3.7. Biodegradable**

Sustancias que pueden degradarse por la acción de agentes biológicos. Por ejemplo, los animales, los hongos y las bacterias que pueden degradar este tipo de productos (EcoPlas, 2011).

### **3.3.8. Los Objetivos de desarrollo sostenible**

Son parte de un plan a largo plazo para alcanzar un futuro sostenible que abarca diferentes desafíos globales que se encuentran relacionados con miras al 2030 (ONU).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1. Tipo y diseño de la investigación**

#### **5.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación correspondiente a este trabajo es exploratorio, ya que se encuentra enfocado en un tema como es el reciclaje y reutilización del poliestireno expandido poco investigado, permitiendo de esta forma ahondar en su desarrollo, además de marcar un precedente para futuras investigaciones, al mismo tiempo es de tipo aplicativo, debido a que sus implicaciones pueden satisfacer las necesidades de las poblaciones de bajos recursos económicos así como resolver los problemas de la gestión de residuos sólidos.

#### **5.1.2. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental debido a que los investigadores en cuestión manipularan las variables de forma intencionada para poder analizar los resultados obtenidos y las consecuencias que se generan de tales cambios.

### **5.2. Acciones y actividades**

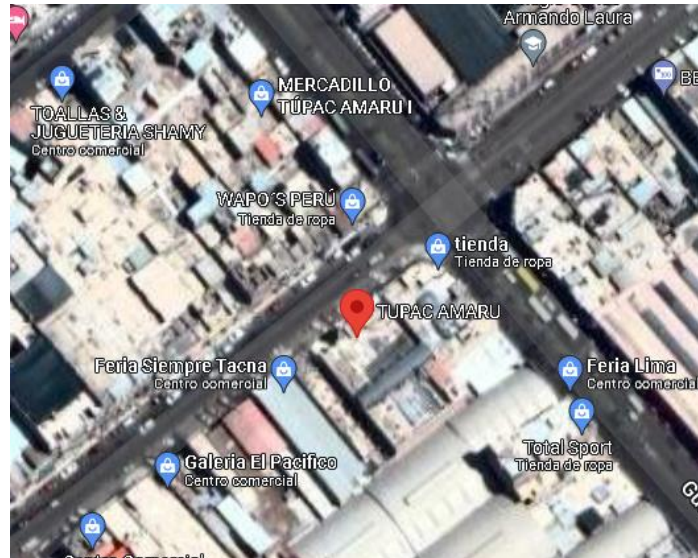
#### **5.2.1. Etapa 1: reciclaje del poliestireno expandido**

Durante la primera etapa se realizó la recolección y el acopio del poliestireno expandido (figura 1, figura2 y figura 3), como no se pretendía obtener una muestra representativa debido a que el objetivo principal de esta etapa fue la de recolectar la mayor cantidad de poliestireno, se procedió a su recolección en los diferentes centros comerciales y galerías, de tal manera que se pudiera contar con una gran cantidad de poliestireno disponible para su disolución con los diferentes disolventes orgánicos con los que se planeó trabajar, de igual manera para las diferentes pruebas físicas que se llevaron a cabo en el laboratorio las cuales determinaron la calidad del material resultante para la fabricación de los maceteros.

El reciclaje del poliestireno expandido se llevó a cabo en:

**Figura 1**

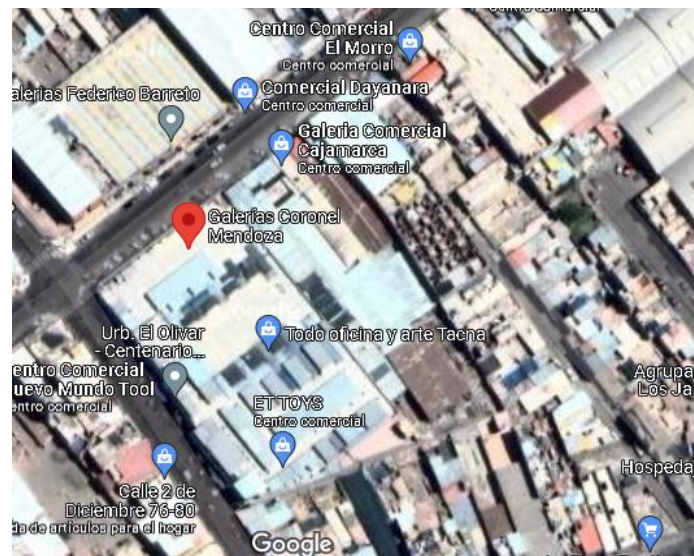
*Centro Comercial Coronel Mendoza*



Nota. Obtenido de Google Maps (2022).

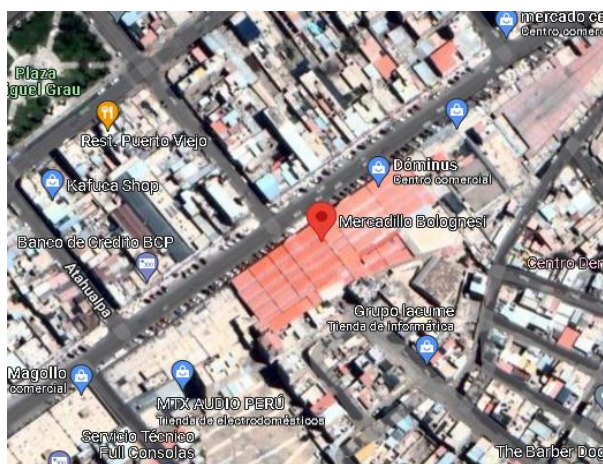
**Figura 2**

*Galerías Túpac Amaru II*



Nota. Obtenido de Google Maps (2022).

**Figura 3**  
*Mercadillo Bolognesi*



*Nota.* Obtenido de Google Maps (2022).

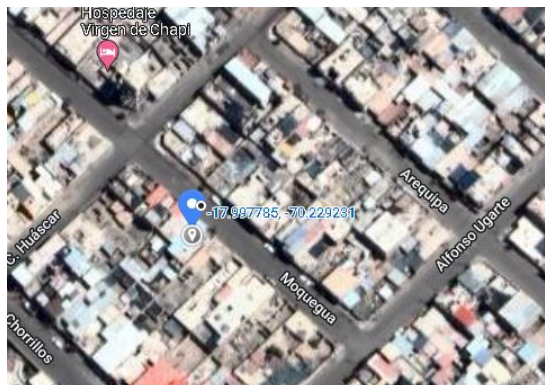
La recolección del poliestireno expandido se realizó dos veces a la semana durante todo un mes, donde para el traslado del poliestireno hasta el punto de acopio se procedió a utilizar equipos de protección personal, una vez en el punto de acopio ubicado en Alto Bolognesi Calle Moquegua N° 117-A (figura 4), se llevó a cabo el pesado del material recolectado (figura 5) y el registro de los valores obtenidos tal como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Cantidad de Poliestireno Expandido Recolectado*

<b>Semanas</b>	<b>Peso en Kg</b>		<b>Total</b>
Semana 1	1	1,5	2,5
Semana 2	0,5	1	1,5
Semana 3	0,5	0,5	1
Semana 4	1,5	2	3,5

*Nota.* Esta tabla muestra las cantidades de poliestireno expandido que fueron recolectados a lo largo de 4 semanas.

**Figura 4***Punto de Acopio*

*Nota.* Obtenido de Google Maps (2022).

**Figura 5***Pesado del Poliestireno Expandido*

*Nota.* Pesado del poliestireno expandido recolectado con una balanza.

**5.2.2. Etapa 2: Pretratamiento**

En la segunda etapa se llevó a cabo el pretratamiento que tuvo por objetivo retirar todas las impurezas superficiales que se encontraban presentes en el poliestireno expandido, como grasas, polvo o etiquetas de cualquier clase.

Durante la preparación para la limpieza y lavado del material, primeramente se procedió a cortar los envases en trozos regulares utilizando un par de tijeras o de ser necesario un cúter además nos valimos de guantes para evitar cualquier

accidente.

Después se ejecutó el lavado (figura 6), que se realizó en una batea con agua y lavavajilla líquido o detergente para el material que se encontraba cubierto de grasa, por otro lado se utilizó únicamente agua para los que no presentaban impurezas mientras que para retirar las etiquetas se llevó a cabo por medio de la utilización de jabón y vinagre, para luego ser enjuagados con agua.

Por último, se procedió al secado a temperatura ambiente el cual tuvo una duración de tres días permitiendo que el material contenga cero por ciento de agua en su superficie, además se realizó una nueva medición del peso del material y se registraron los nuevos valores obtenidos que se muestran en la tabla 3.

**Figura 6**

*Lavado del Poliestireno Expandido*



*Nota.* Lavado del poliestireno expandido recolectado en una batea con agua

**Tabla 3**

*Cantidad de Poliestireno Expandido Después del Pretratamiento*

<b>Semanas</b>	<b>Peso en Kg</b>		<b>Total</b>
Semana 1	1	1,5	2,5
Semana 2	0,5	1	1,5
Semana 3	0,5	0,5	1
Semana 4	1,5	2	3,5

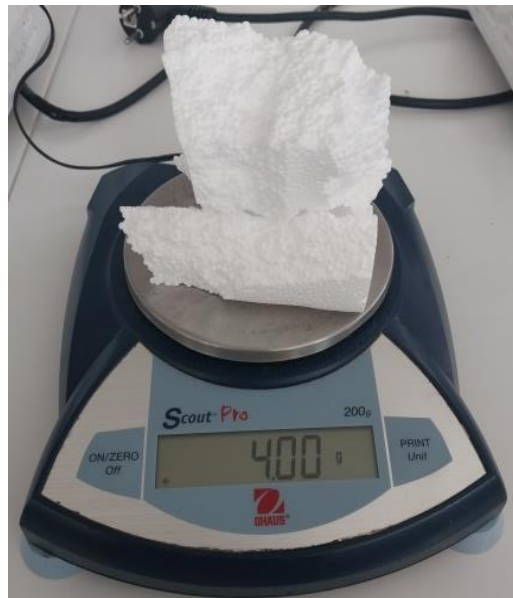
*Nota.* Esta tabla muestra las cantidades de poliestireno expandido después del pretratamiento.



### 5.2.3. Etapa 3: Experimentación

En la tercera etapa nuestro objetivo principal fue determinar las proporciones adecuadas para la disolución del poliestireno, por tal motivo los disolventes que se utilizaron (Thinner y Gasolina) tuvieron valores fijos de 30 mL con una concentración del 100 % los cuales se midieron con una pipeta, para luego ser colocados cada uno en un vaso de precipitados mientras se iba añadiendo el poliestireno expandido, ocasionando la liberación del aire que se encuentra en su estructura sin dañar la cadena polimérica garantizando su recuperación, es por esto que fue previamente pesado en una balanza (figura 7) para luego ser removido por una varilla de vidrio, permitiendo acelerar la disolución también se realizó una medición del tiempo que tomo la misma con un cronometro, por otro lado las cantidades de poliestireno disuelto variaron según el disolvente utilizado con respecto a trabajos previos que se realizaron con estos disolventes, todos los resultados que se obtuvieron quedaron registrados.

Para la experimentación se utilizaron diversos equipos de protección personal tales como guantes, lentes de seguridad así como mascarillas mientras que para realizar las mezclas nos valimos de vasos precipitados y varillas de vidrio (figura 8). Se hicieron tres repeticiones de cada proporción de mezclas y durante cada una de ellas se tomó el tiempo de disolución (figura 9 y figura 10), además se realizó el pesaje del poliestireno expandido permitiendo determinar la proporción así como la cantidad de poliestireno que cada disolvente es capaz de disolver (tabla 4 y tabla 5), una vez terminada la disolución se procedió a recuperar el material para después ser colocado en un molde de forma que se produzca una lámina la cual se utilizó para realizar los análisis del material obtenido mediante un microscopio y una lupa, así como ejecutar las pruebas físicas del propio material que fue utilizado para la fabricación de los maceteros (figura 11 y figura 12), esta lamina se dejó reposar por 2 días a temperatura ambiente con un rotulo que indicaba el tipo así como la cantidad de disolvente y poliestireno que se utilizó para su elaboración.

**Figura 7***Pesado del Poliestireno*

*Nota.* Pesado del poliestireno expandido mediante el uso de una balanza de laboratorio.

**Figura 8***Medición del Disolvente*

*Nota.* Medición de los disolventes Thinner y Gasolina por medio de la

utilización de una pipeta.

### Figura 9

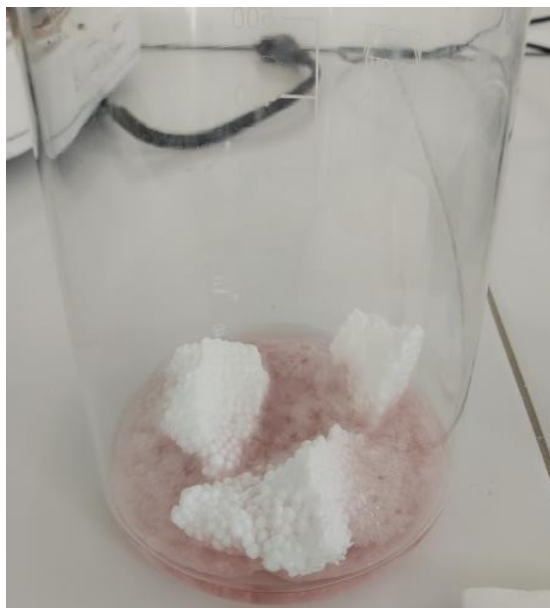
*Disolución del Poliestireno con Thinner*



*Nota.* Disolución del poliestireno expandido utilizando Thinner como disolvente.

### Figura 10

*Disolución del Poliestireno con Gasolina*



*Nota.* Disolución del poliestireno expandido utilizando Gasolina como disolvente.

**Figura 11**

*Lamina Producida Usando Gasolina como Disolvente*



*Nota.* Lamina de poliestireno expandido reciclado producida utilizando Gasolina como disolvente.

**Figura 12**

*Lamina Producida Usando Thinner como Disolvente*



*Nota.* Láminas de poliestireno expandido reciclado producidas utilizando Thinner como disolvente.

**Tabla 4***Cantidad Adecuada de Disolvente para la Disolución del Poliestireno Expandido*

<b>Volumen de Disolvente</b>	<b>Cantidad de Poliestireno Disuelto</b>
<b>30 mL de Thinner</b>	9,53 g
<b>30 mL de Gasolina</b>	16,35 g

*Nota.* Esta tabla muestra las cantidades de poliestireno expandido que pueden disolver los diferentes disolventes utilizados.

**Tabla 5***Tiempo de Disolución del Poliestireno Expandido con los Diferentes Disolventes*

<b>Tipo de Disolvente</b>	<b>Cantidad de Poliestireno Disuelto</b>	<b>Tiempo de Disolución</b>
<b>Thinner</b>	1 g	40 s
<b>Gasolina</b>	1 g	11 s

*Nota.* Esta tabla muestra el tiempo que le toma a los diferentes disolventes disolver el poliestireno expandido.

#### **5.2.4. ETAPA 4: Evaluación de las propiedades del material para el macetero**

En la cuarta etapa se tuvo como objetivo la evaluación de las distintas propiedades físicas que posee el material de poliestireno expandido recuperado que se obtuvo de los diferentes disolventes que empleamos (Thinner y Gasolina), para la fabricación de los maceteros es por esto que le dimos forma de lámina permitiendo de esta forma realizar la evaluación de sus propiedades físicas con mucha más precisión.

La evaluación de las propiedades físicas, se llevó a cabo con las técnicas y pruebas indicadas por los estándares de la ASTM, con los instrumentos así como los equipos de laboratorio requeridos y fueron las siguientes:

- Prueba para las propiedades de tracción
- Prueba para el coeficiente de expansión térmica lineal
- Prueba para determinar la temperatura de ignición
- Prueba de índice o alcance de combustión y tiempo de combustión

- Prueba para permeabilidad de recipientes termoplásticos
- Cada uno de los resultados obtenidos durante las diferentes pruebas se anotó en una hoja de Excel.

#### 5.2.4.1. Prueba para las propiedades de tracción

Para dicha prueba se tomaron en cuenta los procedimientos indicados en la norma ASTM D638 que permite conocer las propiedades mecánicas básicas del material, como la tensión que se obtiene del cambio en la longitud, así como el límite de elasticidad y el punto de ruptura para lo que se utilizó una de las laminas que se fabricaron a la cual se le tomaron sus medidas con una regla y se colocó en un soporte universal para luego ser estirado permitiendo de esta forma conocer las medidas como el cambio en su longitud, de igual manera la longitud máxima que alcanzo y el punto de ruptura de la lámina por último el procedimiento se repitió con cada una de las láminas que fueron fabricadas a partir de los diferentes disolventes (figura 13).

**Figura 13**

*Medición del Punto de Ruptura*



*Nota.* Medición del punto de ruptura de la lámina de poliestireno expandido reciclado con una regla durante la prueba realizada para determinar las propiedades de tracción.

#### 5.2.4.2. Prueba para el coeficiente de expansión térmica lineal

Para dicha prueba se tomaron en cuenta los procedimientos indicados en la norma ASTM D696 que está destinada a determinar el coeficiente de expansión térmica lineal del material en un rango de temperatura, es por esto que para llevarlo a cabo se tomó una de las láminas que se fabricaron a la cual se le tomaron sus medidas con una regla y fue puesto dentro de un horno a una temperatura de 30 °C, aumentando progresivamente la temperatura para ir midiendo nuevamente la lámina con una regla y comparando ambos valores para obtener el coeficiente de expansión térmica, además el procedimiento se repitió con cada una de las láminas que fueron fabricadas a partir de los diferentes disolventes (figura 14).

#### Figura 14

*Medición de la Expansión Térmica*



*Nota.* Medición de la expansión térmica de la lámina de poliestireno expandido reciclado con una regla durante la prueba realizada para determinar el coeficiente de expansión térmica.

#### 5.2.4.3. Prueba para determinar la temperatura de ignición

Para dicha prueba se tomaron en cuenta los procedimientos indicados en la norma ASTM D1929 abarcando la determinación de la temperatura de ignición, mediante el uso de un horno de aire caliente (figura 15) para lo cual se tomaron algunas de las láminas que fueron fabricadas, para luego ser colocadas dentro de un horno donde se fue variando lentamente la temperatura hasta alcanzar la ignición de la misma para después tomar nota de la temperatura, además el procedimiento se repitió con cada una de las láminas que fueron fabricadas a partir de los diferentes disolventes.

**Figura 15**

*Determinación de la Temperatura de Ignición*



*Nota.* Determinación de la temperatura de ignición de la lámina de poliestireno expandido reciclado en un horno durante la prueba realizada para determinar la temperatura de ignición.



#### 5.2.4.4. Prueba de índice o alcance de combustión y tiempo de combustión

Para dicha prueba se tomaron en cuenta los procedimientos indicados en la norma ASTM D635 que cubre la respuesta al fuego del material a pequeña escala, donde se compararon la velocidad de combustión lineal relativa y la duración de la combustión, para realizar dicha prueba se tomó una de las láminas que fueron fabricadas la cual fue medida con una regla, para luego ser sujeta a un soporte universal y sometida al fuego de un mechero (figura 16) donde con un cronometro se tomó medida del tiempo que tardo en consumirse, el procedimiento se repitió con cada una de las láminas que fueron fabricadas a partir de los diferentes disolventes.

**Figura 16**

*Medición del Alcance y Tiempo de Combustión*



*Nota.* Medición del alcance y tiempo de combustión de la lámina de poliestireno expandido reciclado con un mechero durante la prueba realizada para determinar el Índice o Alcance de Combustión y Tiempo de Combustión.

#### 5.2.4.5. Prueba de permeabilidad de recipientes termoplásticos

Para dicha prueba se tomaron en cuenta los procedimientos indicados en la norma ASTM D2684 donde los datos de permeabilidad se expresan en la pérdida de peso para el recipiente en particular, por tal motivo se pesaron cada uno de los maceteros que se han fabricado para después añadir agua destilada en todos y cada uno de ellos a continuación nuevamente fueron pesados, para luego ser sellados en la parte superior con un plástico evitando la evaporación del agua al medio ambiente, para después ser dejados en reposo por 24 horas al cabo de las cuales se volvieron a pesar para obtener los valores de la tasa de pérdida de peso del recipiente (figura 17).

#### **Figura 17**

##### *Medición de la Permeabilidad*



*Nota.* Medición de la permeabilidad de los maceteros de poliestireno expandido reciclado por medio del agua durante la prueba realizada para determinar la permeabilidad.

### **5.3. Materiales y/o instrumentos**

#### **5.3.1. Materiales**

- Poliestireno expandido
- Thinner
- Gasolina
- Lupa
- Regla
- Tijeras
- Moldes de maceteros
- Cuaderno de apuntes

#### **5.3.2. Instrumentos**

- Vasos precipitados de 50 mL y 100 mL
- Termómetro
- Soporte Universal
- Mechero
- Balanza
- Cronometro
- Probeta de 50 mL y 100 mL
- Microscopio
- Horno eléctrico o mufla
- Laptop

### **5.4. Población y/o Muestra de Estudio**

La muestra que se utilizó fue al azar debido en gran medida a que no se encuentra dentro de los objetivos de esta investigación determinar la cantidad de poliestireno expandido producido por sector, sino más bien recolectar la mayor cantidad de poliestireno para la experimentación.

## 5.5. Operacionalización de variables

**Tabla 6**

*Variables de la Investigación*

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Tracción	Esfuerzo al que se somete un cuerpo cuando se aplican dos fuerzas opuestas que lo estiran.		mm
Dilatación Térmica	Proceso donde los cuerpos aumentan su tamaño debido a un incremento en la temperatura.		mm
Temperatura	Magnitud escalar que está relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.	Propiedades Físicas del Poliestireno Expandido Reciclado	°C
Longitud	Concepto métrico que indica una distancia entre dos puntos.		mm
Tiempo	Magnitud mediante la cual se mide la duración o separación de los acontecimientos.		s
Permeabilidad	Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna medible por medio de la diferencia de masa.		g

*Nota.* Esta tabla muestra las variables con las que se trabajó.

## 5.6. Tratamiento de datos y análisis estadístico

Los datos obtenidos durante las pruebas se colocaron en cuadros de Excel para la generación de graficas además con respecto a las cantidades de disolventes estos se pudieron obtener de forma experimental.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 7.1. Láminas producidas usando thinner como disolvente

#### 7.1.1. Resultados de la prueba de propiedades de tracción

Las dimensiones de todas las láminas que se utilizaron durante la prueba de tracción fueron de 9 cm de largo por 5 cm de ancho con un grosor de 3 mm y todas presentaban un peso neto de 9 g, tal como se observa en la tabla 7.

**Tabla 7**

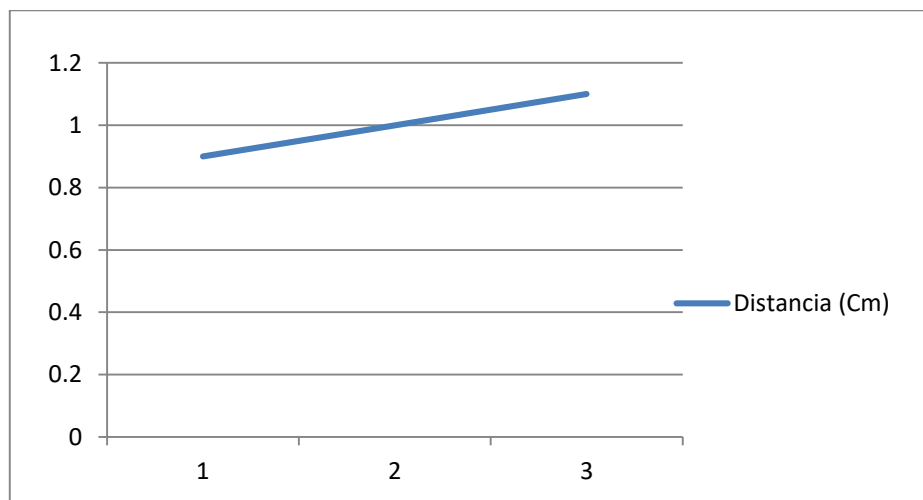
*Límite de Elasticidad y Punto de Ruptura*

<b>Punto de Ruptura</b>	
Prueba	Distancia (cm)
1	0,9
2	1
3	1,1

*Nota.* Esta tabla muestra las distancias alcanzadas por las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba de propiedades de tracción.

Interpretación:

La Tabla 7 indica el cambio con respecto a la longitud calibrada de la lámina por una fuerza externa hasta alcanzar el punto de ruptura teniendo un valor promedio de 1 cm, asimismo esto también pone de manifiesto que la elasticidad de la lámina se encuentra en un rango inferior a 1 cm siendo este su límite.

**Figura 18***Límite de Elasticidad y Punto de Ruptura*

*Nota.* El gráfico representa las diferentes distancias alcanzadas por las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba de propiedades de tracción.

### 7.1.2. Resultados de la prueba para determinar el coeficiente de expansión térmica lineal y la temperatura de ignición

Las dimensiones de todas las láminas que se utilizaron durante la prueba de expansión térmica lineal (tabla 9) así como la de temperatura de ignición fueron de 9 cm de largo por 5 cm de ancho con un grosor de 3 mm y todas presentaban un peso neto de 9 g.

**Tabla 8***Coeficiente de Expansión Térmica Lineal*

Prueba	Temperatura (°C)	Dilatación Térmica (mm)
1	30	0
2	40	0
3	50	0
4	60	0,1
5	70	0,2
6	80	0,3
7	90	0,4
8	100	0,5

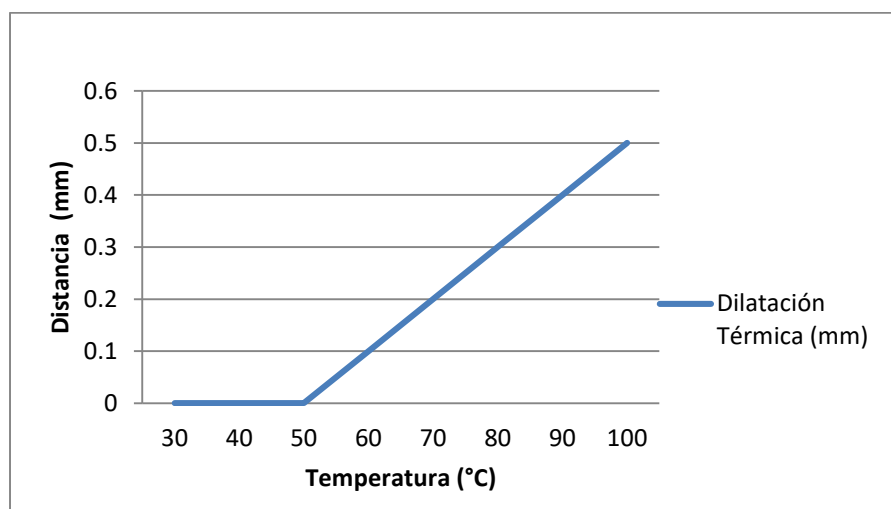
*Nota.* Esta tabla muestra la dilatación térmica a diferentes temperaturas alcanzada por las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba para determinar el coeficiente de expansión térmica.

Interpretación:

La Tabla 8 muestra los cambios en la longitud calibrada de las láminas debido a la dilatación ocasionada por un incremento de la temperatura, donde se observan pequeños cambios menores a 1 mm lo que indica una buena resistencia a altas temperaturas, cabe recalcar que a 100 °C se produce el ablandamiento del material aunque aún es capaz de mantener su rigidez, por otro lado esto también indica que su punto de ignición es superior a los 100 °C,

**Figura 19**

*Coefficiente de Expansión Térmica Lineal (mm)*



*Nota.* El gráfico representa la dilatación térmica a diferentes temperaturas alcanzada por las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba para determinar el coeficiente de expansión térmica.

### **7.1.3. Resultados de la prueba para el alcance de combustión y tiempo de combustión**

Las dimensiones de todas las láminas que se utilizaron durante la prueba para el Alcance y Tiempo de Combustión fueron de 7 cm de largo por 1 cm de ancho con un grosor de 3 mm.

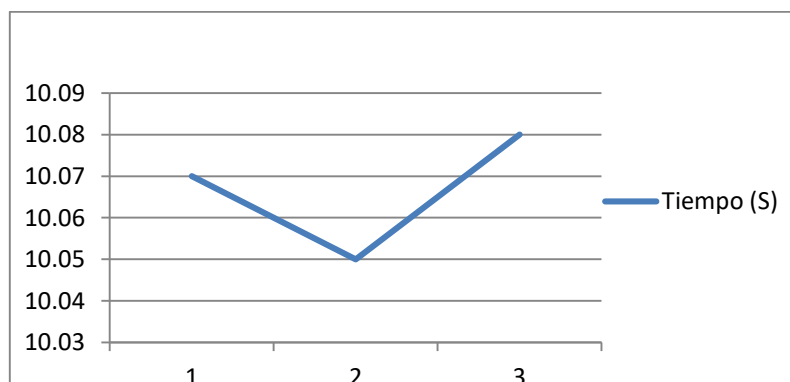
**Tabla 9***Alcance y Tiempo de Combustión*

Prueba	Distancia (cm)	Tiempo (s)
1	1	10.07
2	1	10.05
3	1	10.08

*Nota.* Esta tabla muestra el alcance y tiempo de combustión de las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba para determinar el alcance de combustión y tiempo de combustión.

Interpretación:

La tabla 9 indica el tiempo que la llama del mechero tardo en quemar 1 cm de la lámina variando entre los milisegundos pero a grandes rasgos el tiempo promedio es de 10 s.

**Figura 20***Alcance y Tiempo de Combustión*

*Nota.* El grafico representa el alcance y tiempo de combustión de las láminas de poliestireno expandido reciclado durante la prueba para determinar el alcance de combustión y tiempo de combustión.

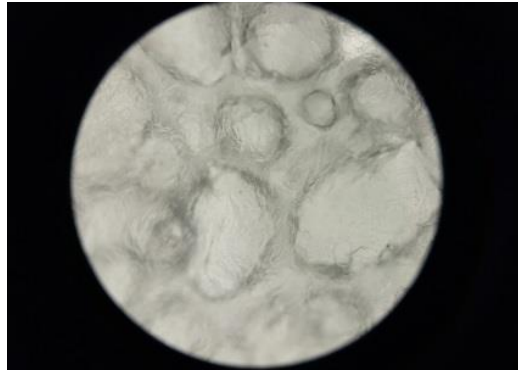
#### 7.1.4. Prueba de permeabilidad de recipientes termoplásticos

Las dimensiones de todas las láminas que se usaron durante la prueba de permeabilidad fueron de 9 cm de largo por 5 cm de ancho con un grosor de 3 mm y todas presentaban un peso neto de 9 g.



**Figura 21**

*Vista de la Lámina en el Microscopio*



*Nota.* Imagen de una lámina de poliestireno reciclado vista a través del microscopio.

Interpretación:

Los pesos no variaron tras 24 horas demostrando que todos los maceteros son impermeables y no dejaron pasar el agua a través de ellos, además una vista en el microscopio de una de las láminas de poliestireno reciclado muestra que posee una estructura celular aglomerada.

**7.2. Láminas producidas usando gasolina como disolvente**

Las láminas producidas a partir del material de poliestireno expandido reciclado obtenido utilizando gasolina como disolvente no se solidificaron haciendo imposible la realización de las diferentes pruebas previstas para su evaluación.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En diversos trabajos las cantidades de disolvente para la disolución del poliestireno expandido varían, debido probablemente a las diferencias en las concentraciones de los compuestos a partir de los cuales están hechos, en el caso de la gasolina esto se debe a los diferentes aditivos que las diversas empresas añaden para mejorar su eficiencia y la vida útil de los motores, mientras que en el caso del Thinner que al estar compuesto por una mezcla de compuestos orgánicos derivados del petróleo en concentraciones variables, ocasiona que las empresas que los producen utilicen sus propios valores en su composición a la hora de producirlos generando esta discrepancia por lo que se hace necesario calcular las cantidades de disolvente para una apropiada disolución del poliestireno.

Algunas de las discrepancias observadas en investigaciones anteriores indican la necesidad de utilizar una mayor cantidad de disolvente para una disolución efectiva del poliestireno expandido como se observa en el estudio de (Alvarado y Hernández, 2020) donde se utilizaron 6 mL de disolvente por cada gramo de poliestireno, habiendo un incremento de 8 mL de disolvente con respecto a los valores que obtuvimos de 10 mL de disolvente por 3 g de poliestireno esto podría indicar que el disolvente que utilizamos posee una composición más eficiente con respecto a la disolución del poliestireno mejorando de esta forma la eficiencia del mismo.

La mejora de la efectividad del Thinner utilizado también podría ser un indicativo de un leve incremento de su toxicidad lo cual supondría una amenaza para la salud de los operarios a largo plazo, sin embargo como se puede observar en el anexo 7 Hoja de Seguridad del Thinner siempre que se utilicen los implementos de seguridad como mascarilla y lentes los riesgos se ven reducidos, además solo las concentraciones superiores a las 1000 ppm causan efectos adversos para la salud, por otro lado los vapores al ser más pesados que el aire se acumulan en sitios cerrados por lo tanto las disoluciones se deben de realizar en ambientes con buena ventilación o sitios abiertos para evitar cualquier percance.

La situación de la gasolina al ser utilizada para la disolución del poliestireno expandido dejó en claro que es un disolvente con una alta tasa de eficiencia pero que el material obtenido deja mucho que desear debido a que este presenta una coloración rosa con respecto a la blanquecina obtenida utilizando Thinner como disolvente, además que el material en cuestión posee una consistencia muy acuosa lo que hace difícil su manejo para la fabricación de maceteros ecológicos, de igual manera el tiempo que tarda en endurecerse es demasiado largo en ciertos apartados como el de (Hernández, 2018) los materiales obtenidos del uso de la gasolina como disolvente del poliestireno fueron utilizados para la elaboración de barnices y pinturas siendo esta una opción viable para su aprovechamiento tal como indicaba Espinoza et al. (2011) en su estudio que tenía como objetivo la determinación de mezclas óptimas de disolventes para la reutilización del poliestireno para diferentes funciones.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de las disoluciones realizadas con los diferentes disolventes (Gasolina y Thinner) queda claro que el Thinner es quien presenta las mejores capacidades para la disolución del poliestireno expandido con la finalidad de ser reutilizado en la fabricación de maceteros ecológicos convirtiéndolo en el disolvente más adecuado para este propósito.

Se pudo determinar que la cantidad de disolvente necesario para una apropiada disolución es de 3,33 mL de disolvente por cada gramo de poliestireno expandido, para la fabricación de un macetero ecológico será necesario utilizar mínimo, 120 mL de disolvente frente a 36 g de poliestireno.

Las pruebas realizadas sobre el poliestireno recuperado después de la disolución demuestran que es un material de alta calidad y de fácil manejo siendo muy resistente a la tracción estando su límite de elasticidad, así como su punto de ruptura fijado en 1 cm, además de poseer un bajo coeficiente de expansión térmica lineal a temperaturas inferiores a los 100 °C siendo menor a un milímetro también presenta una elevada temperatura de ignición superior a los 100 °C mientras que su alcance y tiempo de combustión esta dado en 10 s por centímetro de material.

Por otro lado el material ha demostrado ser impermeable debido a su propia naturaleza como por la ausencia de poros en su estructura, permitiendo su utilización para la fabricación de maceteros así como de otros productos afines.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar equipo de protección personal durante todo el proceso de recolección del poliestireno expandido, así como también cuando se proceda a realizar el pretratamiento, por otro lado también es importante utilizar una mascarilla junto con lentes de seguridad cuando se realice la disolución del poliestireno por los gases que se producen debido a este proceso, al igual que los generados por la evaporación del disolvente ya que aunque tengan una baja toxicidad podrían causar una molestia a la hora de realizarse este procedimiento.

El disolvente más indicado para la disolución del poliestireno expandido es el Thinner en gran parte a su bajo coste, así como su baja toxicidad para la salud pero también por no encontrarse limitada su venta y distribución por ninguna normativa legal vigente.

Asimismo durante la disolución del poliestireno es aconsejable que se realice en un ambiente abierto o en su defecto que posea una buena ventilación por la generación de gases, además de utilizar guantes para evitar que la piel entre en contacto con el disolvente ya que podría ocasionar cierto daño a la epidermis como irritación sobre todo con exposiciones prolongadas, también para acelerar el proceso de disolución es necesario remover la mezcla con una varilla.

Igualmente se insta a colocar el material recuperado de poliestireno reciclado en los moldes cuanto antes dado que en un máximo 24 horas el material se endurecerá de forma permanente, así mismo el molde debe colocarse a presión para que el material pueda tomar su forma y no tenga irregularidades en su superficie las cuales puedan afectar tanto la integridad estructural de la maceta como su aspecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio de Jesús Alvarado José, Alejandro Hernández Ortiz, Guillermina Pérez González, María Belem Arce Vázquez, Ángel Eduardo Márquez Ortega, (2020). Reformulación de una Pintura a Base de Poliestireno Expandido Reciclado. Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, Cuautitlán Izcalli, México.
- Ariel Alfaro Vargas, (2019). Generación de un Barniz Protector de Madera a Partir de Residuos de Poliestireno (Estereofón). Unidad de Regencia Química, Escuela de Química. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- ATSDR, A. para S. T. y R. de E. (1994). ATSDR - Resumen de Salud Pública: Acetona. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Atlanta, Estados Unidos
- Balvin Cerron, R. J., Barrios Liza, K., & Canchari Sotomayor, J. C. (2019). Fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción utilizando poliestireno expandido granular Biowall, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Perú
- Cabrera, A., Collado, S., Corral, C., & Zuera, R. (2020). Reciclado del poliestireno. 2–3. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Delgado Hernandez, X., Perez Bravo, S., & Wong Gallegos, J. (2018). Reciclado del poliestireno expandido en instituciones educativas para su uso como impermeabilizante. 92–100. Universidad Politécnica de Altamira, Altamira, México.
- EcoPlas. (2011). Boletín Técnico Informativo N° 38. EcoPlas, Buenos Aires Argentina.
- Espinoza Sotelo, M., Ramirez Castillo, D., Vargas Vargas, B., Brizuela Castillo, E., Uribe Valencia, M., Carrillo Rojas, J., & Ramirez Rojas, V. (2011). Efectos de disolventes orgánicos sobre poliestireno expandido y posibles aplicaciones de los productos obtenidos . 1–6. Universidad de Colima, Colima, México

Evelyn Jiménez-Rojas, Santiago Pulgarín Penagos, María Alejandra Vásquez Tuberquia, Camila Gómez-Jaramillo, Carlos Fidel Granda-Ramírez & Gina Hincapié-Mejía, (2021). Uso de un Solvente Verde para la Reducción del Volumen del Poliestireno Expandido en un Establecimiento Educativo. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia-Colombia. Medellín, Colombia

Ingrit Daniela Pardo Mendoza, Jeffrey León Pulido, (2021). Efecto de la Concentración y Temperatura en la Disolución de Poliestireno Expandido Usando Solventes Naturales. Avances Investigación en Ingeniería, Universidad EAN, Bogotá, Colombia.

Jhonatan Junior Pacaya Pinedo, (2021). Aprovechamiento de Residuos de Poliestireno Expandido y Cáscara de Naranja para Elaborar un Barniz Ecológico para Madera en Iquitos 2021. Universidad Científica del Perú, Iquitos, Perú.

Jesús Alberto Caamal Canché, (2018). Obtención de un Látex a Base de Poliestireno Expandido / Acrilatos Evaluado en UN Papel Kraft. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Yucatán, México.

José Eduardo Hernández Razo, (2018). Reciclaje de Poliestireno Expandido (EPS) para el desarrollo de productos de alto valor agregado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

Gonzalez Madariaga, F. (2005). Caracterización de mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola, su uso en la construcción. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Laura Katherine Contreras Osorio, (2015). Investigación de Mercados Aplicada a la Gestión de Poliestireno Expandido en la Ciudad de Pereira, año 2015. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Martinez Lopez, C., & Lianes Canepa, J. (2013). Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Division Academica De Ciencias Biologicas, Villahermosa, México.

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a19n36.339>

- Palomo, M. (2010). Aislantes térmicos. Universidad Politecnica De Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Soluciones de aislamiento térmico con poliestireno extruido (XPS) para una edificación sostenible (1ra ed.). (n.d.). Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Santiago Peñuela Vergara, (2021). Caracterización Comparativa del Material Poliestirénico-MOE, para el Diseño de una Línea de Productos Ecológicos y Superficies de Exterior. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
- Tutusaus Domingo, V., Oliver Pujol, R., & Francesc Coda, E. (2006). Fabricación y conformado de poliestireno de alto impacto. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (UPC). Barcelona, España.
- Zamudio Peña, W. H., Tiria Sandoval, L. C., & Useche Monsalve, I. E. (2018). Fifth International Meeting for Researchers in Materials & Plasma Technology (5th IMRMPT) San José de Cúcuta, Colombia.
- Karen Tatiana Guzmán Pico & Harrison Prado Restrepo, (2019) Propuesta técnica y ambiental para el óptimo aprovechamiento del Poliestireno expandido pos consumo en Colombia, a partir de las empresas localizadas en Bogotá. D.C. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia
- A. Cabrera, S. Collado & C. Corral, R. Zuera, (2020) Reciclado del poliestireno Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Marshal, A., Girinath, R., Arun, K., & Brindha, M. (2019). An experimental study of clay brick using polystyrene. International Research Journal of Engineering and Technology, Sethu Institute of technology, Tamil Nadu, India.



**ANEXOS**

### Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO:		"EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO EN LA FABRICACION DE MACETEROS ECOLOGICOS 2022"				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál será la evaluación de algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos 2022?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos 2022</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La evaluación de algunas propiedades físicas del poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, demuestran que son de alta calidad</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Poliestireno expandido reciclado</p>	<p>Magnitud</p> <p>kilogramos (kg)</p> <p>Litros ( m<sup>3</sup>)</p>	<p>Peso del Poliestireno expandido reciclado</p> <p>Volumen</p>	<p>Utilizar los diferentes disolventes para convertir el poliestireno expandido en material amoldable y a partir de este darle la forma deseada.</p> <p>Tipo: Experimental            Nivel: Explorativo – Aplicativo            Población: Tacna            Tamaño de muestra: Muestra aleatoria</p>

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Pruebas de laboratorio		
¿Cuál es la cantidad adecuada de disolvente para una apropiada disolución de poliestireno expandido reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos 2022?	Calcular la cantidad adecuada de disolventes para una apropiada disolución de poliestireno reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos 2022	La cantidad adecuada de disolventes para una apropiada disolución de poliestireno reciclado para la fabricación de maceteros ecológicos, es eficiente.	Maceteros ecológicos	Prueba para las propiedades de tracción	Longitud (mm)	Recolección de datos de internet de páginas oficiales y bases de datos bibliográficas
				Prueba para el coeficiente de expansión térmica lineal	Longitud (mm) y Temperatura (°C)	Reciclaje de poliestireno de establecimientos comerciales.
	Determinar la proporción adecuada de poliestireno para la fabricación de maceteros ecológicos 2022	La proporción adecuada de poliestireno para la fabricación de maceteros ecológicos, permite lograr una mezcla efectiva.		Prueba para determinar la temperatura de ignición	Temperatura (°C)	Pretratamiento de poliestireno, selección y limpieza. Experimentación en laboratorio, donde se procederá a disolver el poliestireno expandido con los diferentes disolventes en distintas proporciones para encontrar la adecuada para después colocar el material en un molde con el propósito de fabricar una lámina para realizar las pruebas físicas sobre el
¿Cuánto es la proporción adecuada de poliestireno expandido para la fabricación de maceteros ecológicos 2022?			Variable interviniente	Prueba de índice o alcance de combustión y tiempo de combustión	Tiempo de resistencia (Seg)	
				Prueba para permeabilidad de recipientes	Permeabilidad (mL/s) – (Kg)	
			Propiedades Físicas	Unidades		
				Longitud		
				Termotolerancia	mm	

				<p>Tiempo de resistencia</p> <p>Permeabilidad</p>	<p>°C</p> <p>Seg</p> <p>Kg</p>	<p>material obtenido.</p> <p>Evaluación de las propiedades físicas, se llevaran a cabo con las técnicas y pruebas señaladas por la ASTM, con los instrumentos y equipos de laboratorio requeridos.</p> <p>Por último se realizara la fabricación de la maceta usando un molde con el poliestireno expandido reciclado obtenido de la disolución más adecuada con el disolvente que tiene mejor rendimiento.</p>
--	--	--	--	---	--------------------------------	---

## Anexo 2. HOJA TÉCNICA DEL POLIESTIRENO CRISTAL DE LA EMPRESA RESIRENE

ACIONAL

### PRESENTACIONES

Las resinas estirénicas de Resirene están disponibles a granel, bolsa de 25 kg (55 lbs), y en cajas de 500 kg (1,100 lbs) y/o 750 Kg (1,652 lbs).

### FDA

El HF-555 cumple con las especificaciones establecidas en la norma FDA, regulación 21 CFR 177.1640, por lo que puede ser utilizado en los Estados Unidos para fabricar artículos o como componente de artículos destinados para estar en contacto con alimentos.

### MEDIO AMBIENTE

Las resinas de Poliestireno de Resirene son biológica y químicamente inertes. Se recomienda reciclar el material HF-555, en caso de requerir desecharlo seguir las indicaciones establecidas por las leyes gubernamentales, normas relacionadas y la Hoja de Seguridad del material.

### CONDICIONES DE MOLDEO

Para obtener piezas moldeadas con muy buena apariencia, se recomienda utilizar el molde pulido para poder obtener piezas con alto brillo. En general, la temperatura controlada del molde no afecta el material ni tampoco la transparencia del producto final

Las condiciones pueden variar de una máquina a otra, pero se sugieren las siguientes condiciones como punto de partida.

	ARRANQUE	RANGO
Temperatura Melt	410 °F (210 °C)	392 - 446 °F - (200 - 230 °C)
Temperatura del Molde	120 °F (49 °C)	100 - 180 °F - (38 - 82 °C)
Máxima Temperatura recomendada	464 °F (240 °C)	

**ADVERTENCIA:** Como la mayoría de los materiales plásticos, la combustión de este material puede causar humos y vapores peligrosos, así como situaciones que pueden poner en riesgo la salud, especialmente en lugares cerrados.

El incremento excesivo de temperatura o tiempos de residencia demasiado prolongados pueden causar degradación, amarillamiento u opacidad.

**NOTA:** Los datos aquí presentados son de carácter informativo. Al facilitar esta información, Resirene, S.A. de C.V. no ofrece garantía alguna ni asume ningún compromiso respecto a la exactitud de dicha información, o sobre los resultados obtenidos con el producto en cualquier caso específico; y por este medio niega expresamente todas las garantías implícitas de comercialización o aplicación a un propósito particular. Ninguna de la información contenida en esta hoja se debe interpretar como una licencia para utilizar los productos de Resirene, S.A. de C.V. de manera tal que se pudiera infringir alguna patente.

Resirene, S.A. De C.V. Paseo de Tamarindos, No. 400-B Piso 26, Bosques de las Lomas, Delegación Cuajimalpa, México, D. F.  
C. P. 05120 Tel. (+52) 55 5261-000 / Servicio a Clientes (+52) 55 5261-8287, 01800 7374-627 / Fax (+52) 55 5261-8273

www.resirene.com.mx

\* Marca, logotipo y nombre comercial son marcas registradas de Resirene, S.A. de C. V.



## ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO DE LA EMPRESA EQUIPOL

### POLIESTIRENO ALTO IMPACTO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### Descripción

El poliestireno es un termoplástico diseñado para aplicaciones que requieren excelentes propiedades eléctricas y mecánicas junto con un buen procesamiento. Los poliestirenos poseen propiedades físicas equilibradas y son generalmente transparentes, pero se disponen en varios colores.

Los poliestirenos son usualmente procesados mediante el moldeo por inyección, pero debido al excelente procesamiento del material, otros métodos funcionan igualmente bien, incluyendo moldeo por soplado y por vacío, termoformado, moldeo por extrusión o compresión y maquinado. Los diferentes grados de poliestireno son resistentes a una amplia variedad de químicos: alcalinos, sales, alcoholes inferiores y ácidos débiles. Los poliestirenos a su vez cumplen con las regulaciones FDA.

#### APLICACIONES TÍPICAS

- Separadores de cable coaxial.
- Agarraderas
- Tubos para líquidos corrosivos.
- Escudos contra salpicaduras.
- Separadores.
- Aplicaciones de empaquetado.
- Columnas.
- Difusores de luz.
- Cubiertas de tanques.
- Aislantes.
- Paneles para señalamientos.
- Forro para puertas de refrigeradores.
- Perillas y botones.
- Perfiles.
- Contenedores.
- Bandejas.

#### GRADOS DE POLIESTIRENO

##### Poliestirenos de Uso General

Los poliestirenos de uso general poseen una excelente transparencia, una buena resistencia al agua y una alta resistencia dieléctrica. Son altamente utilizados para circuitos eléctricos laminados, hojas de alta frecuencia aislante, aislantes y otras aplicaciones eléctricas.

##### Poliestirenos de Alto Impacto

Los poliestirenos de alto impacto poseen buena resistencia dimensional, propiedades balanceadas de fuerza y resistencia al calor, son fáciles de maquinar y son relativamente de bajo costo. Debido a su resistencia al impacto a bajas temperaturas, son típicamente utilizados para aplicaciones del hogar, juguetes y componentes eléctricos.

## POLIESTIRENO ALTO IMPACTO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### Propiedades Típicas Del Poliestireno Alto Impacto

ASTM o Pruebas UL	Propiedad	Poliestireno de Uso General	Poliesterieno Alto Impacto
<b>FISICAS</b>			
D792	Densidad (lb/in <sup>3</sup> ) (g/cm <sup>3</sup> )	0.043 1.05	0.043 1.04
D570	Absorción de agua, 24 hrs (%)	0.06	0.01
<b>MECANICAS</b>			
D638	Fuerza de tension (psi)	7,500	4,000
D638	Módulo de tension (psi)	450,000	260,000
D638	Porcentaje de elongación en el punto de ruptura (%)	47	55
D790	Resistencia a la flexión (psi)	6,100	8,700
D790	Módulo de flexión (psi)	475,000	280,000
D695	Resistencia de compresión (psi)	14,500	7,500
D785	Dureza Rockwell	75M	56L
D256	Impacto IZOD (ft-lb/in)	0.8	2
<b>TERMICAS</b>			
D696	Coefficiente de expansión lineal térmica (x 10 <sup>-5</sup> in./in./°F)	4.0	4.2
D648	Temperatura de deflección por calor (°F / °C) at 264 psi	200 / 95	195 / 92
D3418	Temperatura de reblandecimiento Vicat (°F / °C)	224 / 107	214 / 102
-	Max Operating Temp (°F / °C)	150 / 65	140 / 60
C177	Thermal Conductivity (BTU-in/ft <sup>2</sup> -hr-°F) (x 10 <sup>-4</sup> cal/cm-sec-°C)	--	--
UL94	Flamabilidad	H-B	H-B
<b>ELECTRICAS</b>			
D149	Resistencia dieléctrica (V/mil) a corto plazo 1/8" de espesor	60	45
D149	Constante dieléctrica a 1MHZ	2.5	2.7
D495	Resistencia de Arco (sec)	70	100
D257	Resistencia de volúmen (ohm-cm)at 50% RH	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>16</sup>

NOTA: La información aquí contenida son valores comunes solo con fines referenciales y de comparación. No deben ser usados como bases para especificaciones de diseño ni control de calidad. Todos los valores se encuentran a 73°F (23°C) a menos que se mencione lo contrario.

## Anexo 4. HOJA DE DATOS TÉCNICOS DEL POLIESTIRENO EXTRUIDO DE LA EMPRESA PALAU

### FICHA TÉCNICA POLIESTIRENO EXTRUIDO

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

POLIESTIRENO EXTRUIDO es un aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS). Su estructura celular cerrada le confiere el carácter aislante, consiguiendo ahorro de energía, ahorro económico y protección del medio ambiente. Paneles de poliestireno extruido conforme a la norma UNE UE 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral de media madera. Debido a su prácticamente nula absorción al agua, el material no se ve afectado por el agua, manteniendo su propiedades aislantes.

#### USOS

Adecuada para cubiertas invertidas y tradicionales, transitables, no transitables y cubiertas ajardinadas, como capa aislante. Rehabilitación y transformación de cubiertas.

#### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Aislante térmico.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia frente al agua.
- Resistente a los cambios de temperatura ambientales y a la deformación.
- Canto a media madera.
- Facilidad de manipulación e instalación.

#### CERTIFICADOS Y NORMAS

Número de certificado del marcado CE: T1-CS(10/Y)300-DLT(2)5-DS(TH) WL(T)0,7-WD(V)3-FT2 esp≥50: T1-CS(10/Y)300-DLT(2)5-DS(TH)-WL(T)0,7-C(2/1,5/50) 125-WD(V)3-FT2

Producido en factoría certificada EN ISO 9001 (sistema de calidad de empresa) y EN ISO 14001 (sistema ambiental)  
Sistema de gestión de calidad según la norma EN ISO 9001:2008.

#### PRESENTACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Los paquetes de poliestireno extruido se suministran en palets y están embalados con un film de plástico extensible. Encima de estos palets no deben ser colocados otros palets o cualquier otro material. Las placas de poliestireno extruido no deben estar en su embalaje en condiciones de intemperie por periodos largos de tiempo.

POLIESTIRENO EXTRUIDO					
ESPESOR	LARGO	ANCHO	UD/PAQ.	m2 paq.	m2 palet
30 mm	1,25 m	0,60 m	13 ud	9,75	117,00
40 mm	1,25 m	0,60 m	10 ud	7,50	90,00
50 mm	1,25 m	0,60 m	8 ud	6,00	72,00
60 mm	1,25 m	0,60 m	7 ud	5,25	63,00
70 mm	1,25 m	0,60 m	6 ud	4,50	54,00
80 mm	1,25 m	0,60 m	5 ud	3,75	45,00
100 mm	1,25 m	0,60 m	4 ud	3,00	36,00

Nos reservamos el derecho de anular o modificar el contenido de este documento, sin previo aviso.





## FICHA TÉCNICA POLIESTIRENO EXTRUIDIDO

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Características técnicas	Normas	Unidades	30	40	50	60	70	80	100
Lambda ( $\lambda$ 90/90)	EN 12667/12939	W/mK	0,034	0,034	0,034	0,034	0,036	0,036	0,036
Resistencia térmica (RD)	EN 12667/12939	m <sup>2</sup> K/W	0,90	1,20	1,50	1,80	1,95	2,20	2,80
Tolerancias en espesor ( $\Delta d$ )	EN-823	mm	+2;-2	+2;-2	+2;-2	+3;-2	+3;-2	+3;-2	+3;-2
Escuadrado (Sb)	EN-824	mm/m	5	5	5	5	5	5	5
Planimetría (Smáx)	EN-825	mm	7	7	7	7	7	7	7
Estabilidad dimensional 23°C y 90% ( $\Delta e$ )	EN-1604	%	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5
Deformación bajo carga y temperatura ( $\Delta e$ )	EN-1605	70°/168h/40k Pa	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%	≤5%
Fuego	EN-13501	-	E	E	E	E	E	E	E
Tracción paralela a las caras ( $\sigma$ )	EN-1607	kPa	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Rest. Compresión ( $\sigma_m$ )	EN-826	kPa	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
Fluencia compresión ( $\sigma_c$ ) 2% 50 años	EN-826	kPa	125	125	125	125	125	125	125
Absorción agua por inmersión total (Wp)	EN-12087	%	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7	≤0,7
Absorción agua por difusión (Wd)	EN-12088	%	3	3	3	2,7	2,1	1,5	1,5
Resistencia hielo/deshielo ( $\Delta\sigma_{10}$ )	EN-12088	%	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Resistencia hielo/deshielo ( $\Delta W_{it}$ )	EN-12088	%	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1

C/ Cabrera, 5. 07800 - Eivissa, Illes Balears. Tel.: +34 971 315 215 Fax: +34 971 315 109 info@palausolucionestecnicas.es www.palausolucionestecnicas.es

Nos reservamos el derecho de anular o modificar el contenido de este documento, sin previo aviso.



## FICHA TÉCNICA

# POLIESTIRENO EXTRUIDO

### NOTAS DE INSTALACIÓN – LIMITACIONES

Los trabajos de instalación deben ser realizados únicamente por aplicadores formados y homologados por PALAU SOLUCIONES TÉCNICAS, S.L. y experimentados en las instalaciones pertinentes.

### NOTA

Todos los datos técnicos indicados en esta Ficha Técnica están basados en ensayos de laboratorio. PALAU SOLUCIONES TÉCNICAS, S.L. se reserva el derecho de anular o modificar las características contenidas en este documento sin previo aviso.

### INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Durante la colocación de las baldosas drenantes debe evitarse el contacto con disolventes orgánicos y focos de llama o temperaturas superiores a 75° C (temperatura máxima admitida), con el fin de evitar deterioros irreversibles del aislamiento. En condiciones de fuerte viento deben plantearse medidas adicionales de seguridad motivadas por las dimensiones de las placas, principalmente en lo que respecta al tránsito en locales con desniveles o con aberturas de dimensiones significativas.

### NOTA LEGAL

Esta información y en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de PALAU SOLUCIONES TÉCNICAS, S.L. en los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, de acuerdo con las recomendaciones de PALAU SOLUCIONES TÉCNICAS, S.L. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se pueden deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta, Suministro e Instalación. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Producto local, copia de las cuales se mandarán a quien las solicite.

## Anexo 5. FICHA TÉCNICA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO DE LA EMPRESA ROLAN

Edición Marzo 2018

Poliestireno expandido EPS (EP-POL-C-1803)

Página 1

### Placas de poliestireno expandido (EPS).

Hoja de datos técnicos



#### Resumen descriptivo

Placas de espuma de poliestireno expandido (EPS). Rígidas, ultraligeras, resistentes a la compresión y con alta resistencia a la transmisión de calor (valor R). Ofrecen un excelente balance de economía y funcionalidad en el campo de la construcción.

Contienen 98% de aire encapsulado en celdas selladas, lo que les confiere alta eficiencia termoaislante. Y conservan esta propiedad estable en los ambientes húmedos porque tienen bajos coeficientes de absorción de humedad y de transmisión de vapor. Son ideales para aplicaciones donde se desea lograr un alto grado de aislamiento de calor con un elemento de mínimo peso para las estructuras y sistemas constructivos.

La estructura globular del material y su cohesión molecular les confiere muy buenas resistencias a la compresión vertical, a la flexión y a la tensión; así como excelentes capacidades de absorción y disipación de las fuerzas de

impacto. En función de ello son idóneas para uso como implante de refuerzo interno en paneles y muros que estén expuestos a impactos; así como soporte aislante y/o absorbente de impactos y cargas dinámicas bajo pisos, rampas y pavimentos.

Su resistencia a la humedad y sus resistencias mecánicas las hace también idóneas como placas de separación para el colado de concreto. Al respecto cabe mencionar que Rolan® también produce casetones, bovedillas y demás productos de poliestireno EPS que se requieren en el área de colocación de concretos.

Se producen en 4 densidades estándar (Tipos XI, I, VIII y II); en espesores de 1 a 4 pulgadas; y en dimensiones de 122 x 244 cm. Si tu proyecto lo requiere, podemos suministrarlas en las siguientes formas: **a)** Superficies planas o perfiladas, **b)** Caras paralelas o en ángulo, **c)** Cantos rectos o con cortes para ensamble.

#### Proyectos



#### Propiedades y características del producto

<b>Dimensiones estándar</b>	122 x 244 cm (48 x 96 in)							
<b>Espesores estándar</b>	cm (in)	2.54 (1)	3.81 (1.5)	5.08 (2)	6.35 (2.5)	7.62 (3)	8.89 (3.5)	10.16 (4)

<b>Configuraciones</b>	<b>Caras:</b> Paralelas o en ángulos	<b>Superficies:</b> Lisas o perfiladas	<b>Cantos:</b> Rectos o cortados para ensamble
------------------------	---	---	---

Podemos suministrar placas en las medidas específicas que requiera tu proyecto, y en una diversidad de configuraciones. Para mayor información consulta a nuestro departamento técnico.

Propiedad*1	Tipo XI	Tipo I	Tipo VIII	Tipo II
<b>Densidades (mínimas)</b> ASTM C 303	11.21 kg/m <sup>3</sup> (0.70 lb/ft <sup>3</sup> )	14.42 kg/m <sup>3</sup> (0.90 lb/ft <sup>3</sup> )	18.42 kg/m <sup>3</sup> (1.15 lb/ft <sup>3</sup> )	21.63 kg/m <sup>3</sup> (1.35 lb/ft <sup>3</sup> )
<b>Peso unitario - nominal</b> Espesor: 2.54 cm (1 in)	0.28 kg/m <sup>2</sup> (0.06 lb/ft <sup>2</sup> )	0.37 kg/m <sup>2</sup> (0.08 lb/ft <sup>2</sup> )	0.47 kg/m <sup>2</sup> (0.10 lb/ft <sup>2</sup> )	0.55 kg/m <sup>2</sup> (0.11 lb/ft <sup>2</sup> )
<b>Temperatura de uso constante (máxima)</b> ASTM C 578	74 °C (165 °F)	82 °C (180 °F)	75 °C (167 °F)	75 °C (167 °F)
<b>Temperatura de uso intermitente (máxima)</b> ASTM C 578	82 °C (180 °F)	82 °C (180 °F)	82 °C (180 °F)	82 °C (180 °F)
<b>Coefficiente de expansión térmica lineal - nominal</b> ASTM D 696	0.63 mm/m·°C (35x10 <sup>-6</sup> in/in·°F)	0.63 mm/m·°C (35x10 <sup>-6</sup> in/in·°F)	0.63 mm/m·°C (35x10 <sup>-6</sup> in/in·°F)	0.63 mm/m·°C (35x10 <sup>-6</sup> in/in·°F)
<b>Expansión lineal a la máxima temperatura de uso</b> ASTM D 2126	2%	2%	2%	2%
<b>Resistencia térmica (R) - A 25 mm (1") de espesor a temperatura media de 24 °C (75 °F)</b> ASTM C 518	0.635 m <sup>2</sup> ·°C/W (3.60 hr·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu)	0.726 m <sup>2</sup> ·°C/W (4.12 hr·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu)	0.747 m <sup>2</sup> ·°C/W (4.24 hr·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu)	0.770 m <sup>2</sup> ·°C/W (4.37 hr·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu)


#### Beneficios




www.rolan.com

f Rolan Aislamientos | @RolanMexico

ventas@rolan.com.mx

Propiedad*1	Tipo XI	Tipo I	Tipo VIII	Tipo II
<b>Absorción de agua por volumen - nominal</b> Al cabo de inmersión durante 24 hrs. - ASTM C 272	< 4.0 % vol. / vol.	< 4.0 % vol. / vol.	< 3.0 % vol. / vol.	< 2.0 % vol. / vol.
<b>Higroscopicidad</b> - No son higroscópicas	Nula	Nula	Nula	Nula
<b>Permeancia al vapor de agua - nominal</b> A 25 mm (1") de espesor	287 ng/Pa·s·m <sup>2</sup> (5.0 perm-in)	201 ng/Pa·s·m <sup>2</sup> (3.5 perm-in)	201 ng/Pa·s·m <sup>2</sup> (3.5 perm-in)	115 ng/Pa·s·m <sup>2</sup> (2.5 perm-in)
<b>Barrera de vapor - opcional</b>	Forro de foil de aluminio reforzado	Forro de foil de aluminio reforzado	Forro de foil de aluminio reforzado	Forro de foil de aluminio reforzado
 <i>Es posible utilizar otro tipo de recubrimientos, consulta a nuestro departamento técnico para confirmar su disponibilidad.</i>				
<b>Resistencia a la compresión.</b> En vertical. Hasta el 10% de deformación o la falla del material ASTM D 1621	34.75 kPa (5 psi)	68.95 kPa (10 psi)	89.63 kPa (13 psi)	103.42 kPa (15 psi)
<b>Resistencia a la flexión - nominal</b> ASTM C 203	0.703 kg/cm <sup>2</sup> (10 psi)	1.758 kg/cm <sup>2</sup> (25 psi)	2.109 kg/cm <sup>2</sup> (30 psi)	2.461 kg/cm <sup>2</sup> (35 psi)
<b>Retardante de fuego *2</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Propagación de flama *2</b> - ASTM E 84	20	20	20	20
<b>Producción de humo *2</b> - ASTM E 84	150 - 300	150 - 300	150 - 300	150 - 300

**Resistencia a los rayos ultravioleta (UV).** Si las placas se exponen al sol en forma directa, al cabo de varias semanas los rayos ultravioleta provocan efectos leves de intemperismo en la superficie del material. Este efecto se manifiesta en forma de una ligera pulverización y decoloración de la superficie. Las propiedades físicas y mecánicas de las placas no se alteran a menos que permanezcan expuestas hasta el grado en que la erosión gradual de la superficie reduzca significativamente el grosor de las placas. Protegidas con un recubrimiento resistente e intemperismo, las placas Rolan® mantienen por tiempo indefinido la integridad de su estructura molecular.

 \*1. Las propiedades físicas del producto presentado en este documento representan valores medios típicos, obtenidos de acuerdo con los métodos de prueba aceptados y están sujetos a las variaciones normales de fabricación. Se dan como servicio técnico y están sujetos a cambios sin previo aviso.  
\*2. Si tienes cualquier duda referente a seguridad contra incendio consulta a nuestro departamento técnico.

### Beneficios



### Cumplimiento de certificaciones, normas y membresías



Norma de producto: ASTM C 578, NOM 009 ENER, NOM 018 ENER, ASTM C 177, ASTM D 1622, ASTM D 1929, ASTM D 2863, ASTM E 96/E 96 M, NMX C 137, NMX C 181, NMX C 210, NMX C 228, NRF 034 PEMEX, CFE-D4500-04, CFE-D4500-07.

 USGBC® y el logotipo relacionado son marcas registradas propiedad de U.S. Green Building Council® y son utilizadas con autorización.

### Datos de contacto

#### Zona Norte

Monterrey: +52 (81) 8390 0015 | Tampico: +52 (833) 125 9607 | Coahuila: +52 (921) 214 9833 | Mérida: +52 (999) 688 55 19

#### Zona Bajío

San Luis Potosí: +52 (444) 824 5586 y 87

#### Zona Centro

Ciudad de México: +52 (55) 1036 0640

#### Zona Occidente

Guadalajara: 01 800 036 06 40

Las especificaciones técnicas presentadas por Aislantes Minerales S.A. de C.V. en este documento, tienen el propósito de ser utilizadas como referencia general únicamente. Las propiedades aquí descritas, representan valores promedio confirmados a través de métodos de prueba validados. Aislantes Minerales S.A. de C.V. renuncia expresamente a toda responsabilidad por cualquier error de instalación por parte de terceros e incluso por cualquier falla causada por productos o accesorios ajenos a los suministrados por Aislantes Minerales S.A. de C.V. Los datos contenidos en esta hoja técnica están sujetos a cambios de manera total o parcial sin previo aviso. Por favor consulta a nuestro equipo técnico para validar la información.

Rolan es una marca registrada de Aislantes Minerales, S.A. de C.V. | DR - Derechos Reservados conforme a la Ley. Se prohíbe la reproducción del contenido total o parcial de este documento para fines de explotación comercial y/o de lucro.

 Versión digital, para consulta en dispositivos electrónicos, soluciones para cuidar nuestro planeta. Pregunta por la versión imprimible en blanco y negro.

www.rolan.com

f Rolan Aislamientos | @RolanMexico

ventas@rolan.com.mx

### Aplicaciones



## Anexo 6. HOJA DE SEGURIDAD DE LA ACETONA

### HOJA DE SEGURIDAD IV ACETONA

**FORMULA:** C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>.

**PESO MOLECULAR:** 58.08 g/ mol.

**COMPOSICION:** C: 62.04 %; H: 10.41 % y O: 27.55 %.

#### GENERALIDADES:

El acetona es un líquido incoloro, de olor característico agradable, volátil, altamente inflamable y sus vapores son mas pesados que el aire.

Se obtiene como subproducto en la fermentación por medio de la cual se obtiene alcohol butílico; por oxidación de isopropanol; por ruptura de hidroperóxido de cumeno en la cual se obtiene, además, fenol; por destilación de acetato de calcio; por destilación destructiva de madera y a partir de oxidación por cracking de propano.

Es utilizada como disolvente de grasas, aceites, ceras, hules, plásticos, lacas y barnices. Se usa en la manufactura de algunos explosivos, rayón, películas fotográficas, elaboración de removedores de pinturas y barnices, purificación de parafinas, en la deshidratación y endurecimiento de tejidos, en la extracción de algunos productos vegetales y animales y como materia prima en una gran variedad de síntesis en química orgánica. Por otra parte, junto con hielo y dióxido de carbono sólido, se puede utilizar para enfriar a temperaturas muy bajas..

#### NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 67-64-1

UN :1090

NIOSH: AL 3150000

NOAA : 8

RTECS: AL3150000

NFPA: Salud:1 Reactividad: 0 Fuego: 3

HAZCHEM CODE: 2 YE

RCRA: U002

MARCAJE: LIQUIDO INFLAMABLE

#### SINONIMOS:

2-PROPANONA

DIMETIL CETONA

METIL CETONA

BETA-CETOPROPANONA

ETER PIROACETICO

BETO-CETOPROPANO

DIMETILFORMALDEHIDO

DIMETILCETAL

AC. PIROACETICO

En inglés:

ACETONE

CHEVRON ACETONE

ACETON (ALEM, HOLAN, POLAC)

#### PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:

Punto de ebullición: 56.5 °C

Punto de fusión: -94 °C.

Densidad: 0.788 g/ ml (a 25 °C); 0.7972 g/ml (a 15 °C)

Indice de refracción: 1.3591 ( a 20 °C) y 1.3560 (a 25 °C).

Punto de inflamación en copa cerrada (flash point): -18 °C.

Temperatura de autoignición: 538 °C.

Presión de vapor a (20 °C): 185 mm de Hg

Densidad de vapor (aire = 1): 2

Limites de explosividad: 2.6-12.8 %

Conductividad eléctrica (S/cm): 5.5 X 10<sup>8</sup> (a 298.15 K)

Temperatura crítica: 235.05 °C

Presión crítica: 35257.5 mm de Hg.

Volumen crítico: 0.209 l/mol.

Momento dipolar: 2.88 debyes

Volumen molar (l/mol): 0.739 (a 298.15 K)

Densidad molar (mol/l): 16.677 (sólido a -99 °C), 13.506 (líquido a 298.15 K)

Temperatura de punto triple: -94.7 °C.

Presión de punto triple: 19.46 mm de Hg.

Solubilidad: Miscible con agua, alcoholes, cloroformo, dimetilformamida, aceites y éteres.

**PROPIEDADES QUIMICAS:**

El acetona es peligroso por su inflamabilidad, aún diluido con agua.

Productos de descomposición: Monóxido y dióxido de carbono.

Se ha informado de reacciones de oxidación vigorosas con:

- Oxígeno en presencia de carbón activado, mezclas de ácido nítrico/sulfúrico, bromo, trifluoruro de bromo, cloruro de nitrosilo, perclorato de nitrosilo, perclorato de nitrilo, cloruro de cromilo, trióxido de cromo, difluoruro de dióxigeno, terbutóxido de potasio, peróxido de hidrógeno y ácido peroxomonosulfúrico. Con los siguientes compuestos las reacciones son violentas:

Bromoforno o cloroformo en presencia de una base, dicloruro de azufre y peróxido de metil-etil-cetona. Reacciona con sustancias clorantes, produciendo cetonas halogenadas que son muy tóxicas.

**NIVELES DE TOXICIDAD:**

LD<sub>50</sub> (en ratas en forma oral): 5800 mg/Kg

LD<sub>50</sub> (en piel de conejos): 20 mg/Kg

RQ: 5000

Niveles de irritación a ojos en humanos: 500 ppm

Niveles de irritación a piel en conejos: 395 mg, leve. 500 mg / 24 h, leve.

Niveles de irritación a ojos en conejos: 3.950 mg, severo. 100 mg/24h, moderado.

México:

CPT: 2400 mg/m<sup>3</sup> (1000 ppm)

Estados Unidos:

TLV TWA: 1000 mg/m<sup>3</sup> (750 ppm)

TLV STEL: 2400 mg/m<sup>3</sup> (1000 ppm)

Reino Unido:

Periodos largos: 2400 mg/m<sup>3</sup> (1000 ppm)

Periodos cortos: 3000 mg/m<sup>3</sup> (1259 ppm)

Francia:

VME: 1800 mg/m<sup>3</sup> (750 ppm)

Alemania:

MAK:2400 mg/m<sup>3</sup> (1000)

Suecia:

Periodos largos: 600 mg/m<sup>3</sup> (250 ppm)

Periodos cortos: 1200 mg/m<sup>3</sup> (500 ppm)

**MANEJO:****Equipo de protección personal:**

Utilice bata, lentes de seguridad y, si es necesario, guantes de hule natural o neopreno (no utilizar PVC), en una zona bien ventilada, de preferencia en una campana. Evite un contacto prolongado de la piel con este producto químico. No debe utilizarse ropa de rayón ni lentes de contacto cuando se maneje este producto.

Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, siempre utilizar propipetas, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

**RIESGOS:****Riesgos de fuego y explosión:**

Este es un producto inflamable. Los vapores pueden prenderse y generar un incendio en el lugar donde se generaron, además, pueden explotar si se prenden en un área cerrada.

Los rangos de inflamabilidad del vapor en aire son de 2.6 a 12.8 % en volumen.

**Riesgos a la salud:**

Este compuesto se ha utilizado por muchos años como disolvente y se ha informado de muy pocos efectos tóxicos, por lo que ha sido considerado como un producto poco peligroso, en este sentido.

Se ha observado que la presencia de acetona, aumenta la toxicidad al hígado de hidrocarburos clorados usados como disolventes, entre ellos 1,1-dicloroetileno y 1,1,2-tricloroetano.

Se excreta del organismo casi totalmente sin cambios, solo un poco se oxida a dióxido

de carbono, acetato o formiato.

En general, los principales síntomas de una intoxicación crónica por acetona son: dolor de cabeza, irritación de ojos, nariz y tráquea, los cuales desaparecen al salir del área contaminada.

**Inhalación:** En forma de vapor, causa irritación de ojos nariz y tráquea. En concentraciones muy altas (aproximadamente 12 000 ppm), puede afectar al sistema nervioso central, presentándose dolor de cabeza y cansancio. En casos extremos puede perderse la conciencia.

**Contacto con ojos:** En forma de vapor, los irrita causando lagrimeo y fluido nasal; el líquido puede causar daño a la córnea.

**Contacto con la piel:** Un contacto prolongado y constante con la piel provoca resequedad, agrietamiento y dermatitis. El líquido puede penetrar a través de la piel, lo mismo que el vapor a concentraciones mayores de 5000 mg/m<sup>3</sup>.

**Ingestión:** Causa irritación gástrica, dolor y vómito.

**Carcinogenicidad:** No existen evidencias que este producto induzca carcinogenicidad tanto en humanos, como en animales de laboratorio.

**Mutagenicidad:** Existen ensayos con *Salmonella typhimurium*, en los que se encontró compatibilidad con este disolvente sin que se presentaran reversiones.

**Peligros reproductivos:** La exposición de mujeres embarazadas a este producto, a una concentración entre 30 y 300 mg/m<sup>3</sup> produce efectos embriotóxicos, aumentando los niveles de lípidos, incluso, hasta niveles embriotóxicos.

#### **ACCIONES DE EMERGENCIA:**

##### **Primeros auxilios:**

**Inhalación:** Si la inhalación ha sido prolongada, transportar al intoxicado a una zona bien ventilada. Si no respira, dar respiración artificial. Mantenerlo caliente y en reposo. Si es necesario, administrar oxígeno.

**Ojos:** Lávelos con agua o disolución salina, asegurándose de que los ojos se encuentren abiertos durante el lavado.

**Piel:** Lavar el área contaminada con agua y jabón. En caso necesario, elimine la ropa contaminada.

**Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si se ingirió, diluir tomando agua. No inducir el vómito.

EN TODOS LOS CASOS DE EXPOSICION, EL PACIENTE DEBE SER TRANSPORTADO AL HOSPITAL TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE.

##### **Control de fuego:**

Debe considerarse que durante la combustión de este producto se generan productos de descomposición como monóxido y dióxido de carbono.

En casos de fuegos pequeños, usar agua en forma de neblina, los chorros de agua pueden ser inefectivos. Pueden utilizarse extinguidores de polvo químico seco, espuma (resistente al alcohol) o dióxido de carbono.

En caso de fuegos mayores, la mejor forma de controlar el fuego es con espuma.

Enfriar los contenedores afectados con agua. Aplique el agua desde una distancia segura.

##### **Fugas y derrames:**

Utilice el equipo de seguridad mínimo como bata y lentes de seguridad. Dependiendo de la magnitud del derrame, se utilizará equipo de respiración autónoma, botas y guantes de hule natural o neopreno, no utilizar PVC.

Evite la presencia de chispas, fuegos y cualquier fuente de ignición cerca del derrame y evacuar el área, si es necesario.

Evite que el líquido derramado entre en contacto con suministros de agua y drenajes. Por lo cual, deben construirse diques para contener el derrame.

Use agua en forma de rocío para dispersar y diluir los vapores. Este líquido debe almacenarse para tratarlo de manera adecuada posteriormente.

El derrame puede absorberse con arena o cualquier otro absorbente y tratarse como en los DESECHOS.

##### **Desechos:**

Siempre mantenerlos alejados de fuentes de ignición.

Para pequeñas cantidades, puede absorberse con papel y dejarlo evaporar en una campana extractora de gases. No tirar al drenaje, pues pueden alcanzarse niveles explosivos.

Para cantidades grandes, se puede utilizar arena, cemento en polvo o tierra para absorberla y mantenerla en un área segura antes de incinerarla.

##### **ALMACENAMIENTO:**

Mantenga los recipientes que la contienen en un lugar bien ventilado, protegido de golpes, fuentes de ignición y de la luz directa del sol y alejados de materiales oxidantes, ácidos minerales y cloroformo. Tome las precauciones necesarias para evitar descargas estáticas. Recordar que los vapores son mas pesados que el aire, por lo que pueden acumularse y viajar hacia fuentes de ignición y regresar, generando fuego en las zonas de almacenamiento.

## ANEXO 7. HOJA DE SEGURIDAD DE LA GASOLINA DE 95 OCTANOS

Nombre	: GASOLINA DE 95 OCTANOS
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01) 614-5000; (01) 630-4000
Portal Empresarial	: <a href="http://www.petroperu.com.pe">http://www.petroperu.com.pe</a>
Atención al cliente	: (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita) : <a href="mailto:servcliente@petroperu.com.pe">servcliente@petroperu.com.pe</a>

### 2. COMPOSICIÓN

La Gasolina de 95 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C<sub>5</sub> a C<sub>12</sub>.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

#### - CONTACTO

**OJOS:** El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.

**PIEL:** Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

#### - INHALACIÓN

Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

#### - INGESTIÓN

Causa irritación en la garganta y el estómago; diarrea y vómitos. Puede ingresar a los pulmones durante la ingestión o el vómito y causar neumonía química con fatales consecuencias.



---

- CONTACTO

OJOS: Lavar con abundante agua por 15 minutos. Obtener atención médica de inmediato.

PIEL: Lavar el área afectada con agua y jabón. Quitar la ropa contaminada lo antes posible y lavarla antes de un nuevo uso. Obtener atención médica de inmediato.

- INHALACIÓN

Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario y obtener atención médica de inmediato.

- INGESTIÓN

Actuar con rapidez. No inducir al vómito a fin de evitar que el producto ingrese a los pulmones por aspiración. Mantener en reposo a la persona afectada y obtener atención médica de inmediato.

---

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

---

Evacuar al personal del área hacia una zona más segura y a una distancia conveniente si hay un tanque o camión cisterna involucrado. Detener la fuga antes de intentar controlar el fuego. Utilizar medios adecuados para extinguir el fuego y agua en forma de rocío para enfriar los tanques.

AGENTES DE EXTINCIÓN: Polvo químico seco y CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y espuma (recomendable tipo ARC).

PRECAUCIONES ESPECIALES: Usar un equipo protector debido a que se pueden producir gases tóxicos e irritantes durante el incendio.

La extinción de fuego de grandes proporciones sólo debe ser realizada por personal especializado.

Cuando existan derrames en medios acuáticos, evitar que el producto que flota en el agua, pueda trasladarse a fuentes de ignición.

---

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

---

### DERRAMES PEQUEÑOS Y MEDIANOS

Detener la fuga. Absorber el líquido con arena, tierra u otro material absorbente y ventilar la zona afectada. Recoger el material usado como absorbente, colocarlo en un depósito identificado y proceder a la disposición final de acuerdo a un procedimiento implementado.

### DERRAMES DE GRAN PROPORCIÓN

Detener la fuga si es posible. Evacuar al personal no necesario y aislar el área. Eliminar toda fuente probable de ignición. Contener el derrame utilizando tierra, arena u otro material apropiado. Utilizar agua en forma de rocío para dispersar los vapores, evitar que el producto entre al desagüe y fuentes de agua; recoger el producto y colocarlo en recipientes identificados para su posterior recuperación. Si es necesario, contactar con organismos de socorro y remediación.

El personal que participa en las labores de contención del derrame debe usar un equipo completo de protección personal.

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

No comer, beber o fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal; posteriormente proceder a la higiene personal. No aspirar o absorber con la boca. Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto en camiones cisterna, realizar la conexión a tierra del vehículo.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras del producto.

Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación.

Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HPDE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

Nº CAS: NA (No aplicable).

## 8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

### - CONTROL DE INGENIERÍA

Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados, identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavajojos cerca del área de trabajo.

### PROTECCIÓN RESPIRATORIA

No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones de los vapores del combustible en el aire, se requiere de un respirador APR (Respirador purificador de aire) con cartucho para vapores orgánicos.

### - OJOS

Gafas de seguridad contra salpicaduras de productos químicos.

### - PIEL

Guantes de neopreno, nitrilo o PVC; zapatos de seguridad y ropa de protección.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Transparente, color azul y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C	: 0.73 - 0.76 aprox.
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: < 0
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 1.4 a 7.6 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 280 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble.
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

## Anexo 8. HOJA DE SEGURIDAD DEL THINNER

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y RESPONSABLE DE LA COMERCIALIZACIÓN

#### Identificación del producto

Nombre comercial: THINNER ESTÁNDAR

Sinónimo: Adelgazador de pinturas

#### Identificación de la empresa: KABUL S.R.L.

Av. Gerardo Unger Mz.B Lote 4 Urb. Industrial Molitalia- Los Olivos. Lima.

Teléfonos: 528-6993 / 715-1964

RUC: 20384400711

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

THINNER

CAS: 64742-89-3

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Líquido combustible. Puede acumular cargas estáticas. El vapor es más pesado que el aire y puede dispersarse distancias largas y acumularse en zonas bajas. El vapor puede causar dolor de cabeza, náuseas, vértigo, somnolencia, inconsciencia y muerte. Irrita la piel. Manténgalo en sitio ventilado, lejos de fuente de ignición, no fume, evite la acumulación de cargas electrostáticas. No respire los vapores.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS

Tome las precauciones adecuadas para garantizar su propia salud y seguridad antes de intentar un rescate o proveer primeros auxilios.

**Contacto Ocular:** Lave bien los ojos inmediatamente al menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para asegurar la remoción del químico. No aplique gotas ni ungüentos. Busque atención médica inmediata.

**Contacto Dérmico:** Lave la piel inmediatamente con abundante agua y jabón no abrasivo por lo menos durante 20 minutos mientras se retira la ropa y zapatos contaminados. Repita el lavado si persiste la irritación. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Busque atención médica inmediata.

**Inhalación:** Tome precauciones para su propia seguridad, utilice equipo de protección adecuado, retire la fuente de contaminación o retire a la víctima de la exposición. Personal capacitado debe suministrar respiración artificial si la víctima no respira o resucitación cardiopulmonar de ser necesario. Evite el contacto boca a boca. Obtenga atención médica de inmediato.

**Ingestión:** Lave los labios con agua. Si la víctima está consciente y no convulsiona dele a beber uno o dos vasos de agua para diluir el material en el estómago. No induzca al vomito; si éste ocurre naturalmente mantenga a la víctima inclinada sobre hacia delante para reducir el riesgo de aspiración y repita la administración de agua. Obtenga ayuda médica de inmediato.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

**Consideraciones especiales:** líquido combustible. Emite vapores invisibles que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperaturas de 43°C o superiores. El líquido puede acumular cargas estáticas al trasvasarlo o agitarlo. Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse hasta una fuente de ignición, encenderse y llevar el fuego hasta su lugar de origen. El líquido puede flotar sobre el agua hasta una fuente de ignición y regresar en llamas. Durante un incendio puede producir gases tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden estallar con calor o fuego.

**Procedimiento:** Evacue en 25 a 50 metros a la redonda. Si hay un contenedor o carro tanque involucrado, evacue en 800 metros. Aproxímese al fuego en la misma dirección que el viento. Detenga la fuga antes de intentar extinguir el fuego. Utilice el medio de extinción adecuado para apagar el fuego y agua en forma de rocío para enfriar los contenedores expuestos y proteger al personal. Evite aplicar agua en forma de chorro para no causar dispersión del producto. Retire los contenedores expuestos. Para entrar a incendios utilice equipo de respiración autocontenido. Para fuegos que pueden ser apagados fácilmente con extintores portátiles, el uso de autocontenido es opcional. El traje normal de bomberos puede no proteger de los productos de descomposición, y puede requerirse traje especial. En incendios masivos use boquillas con soportes.

**Medios extintores apropiados:**

**Fuegos Pequeños:** Dióxido de carbono, polvo químico seco, espuma regular.

**Fuegos Grandes:** Espuma, agua en forma de rocío o niebla. No use agua en forma de chorro.

## 6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Ubíquese en la dirección del viento. Evite zonas bajas. Elimine toda fuente de ignición. Detenga o controle la fuga, si puede hacerlo sin peligro. Ventile la zona del derrame. No use palas metálicas. Apague la batería y el motor del vehículo.

**Derrames Pequeños:** Evacue y aisle en 25 a 50 metros. Contenga el derrame con absorbentes inertes como calcetines, almohadillas o tapetes para solventes, chemizorb o vermiculita. Introduzca en contenedores cerrados y etiquetados. Lave el área con agua y jabón.

**Derrames grandes:** Evacue y aisle el área 300 metros en todas direcciones. Utilice agua en forma de rocío para enfriar y dispersar los vapores. Evite que el material

derramado caiga en fuentes de agua, desagües o espacios confinados. Contacte organismos de ayuda de emergencias.

**Vertimiento en agua:** Utilice absorbentes apropiados tipo espaguetti para retirar el hidrocarburo de la superficie. Si las autoridades lo permiten, considere el uso de agentes dispersantes o de hundimiento en aguas no confinadas.

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### *Manipulación:*

Evite toda fuente de ignición (chispa, llama, calor). Use sistemas a prueba de chispas y/o explosión. Evite acumulación de cargas, conecte a tierra los contenedores; aumente la conductividad con aditivo especial; reduzca la velocidad del flujo en las operaciones de transferencia; incremente el tiempo en que el líquido permanezca en las tuberías; manipúlelo a temperaturas bajas. Evite generar vapores o neblinas. Lávese completamente las manos después de su manipulación. Evite el contacto con los ojos, la piel y la ropa.

### *Almacenamiento:*

Almacene bien cerrado en lugar bien ventilado, alejado de materiales incompatibles y calor, a temperatura ambiente (entre 15 y 25°C). Disponga de las medidas generales para las áreas de almacenamiento de líquidos inflamables. Almacene los contenedores vacíos separados de los llenos.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN INDIVIDUAL

*Protección respiratoria:* Respirador con cartuchos para gases y vapores orgánicos. Manipular en un lugar ventilado.

*Protección de las manos:* Guantes de caucho resistentes a los productos químicos.

*Protección para el cuerpo:* Pechera de caucho resistente a los productos químicos.

*Protección de los ojos:* Monogafas de seguridad.

## 9. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

<i>Apariencia:</i>	Líquido volátil incoloro.
<i>Olor:</i>	Característico y penetrante
<i>Gravedad Específica (Agua= 1):</i>	0.78 ± 0.05 g/mL
<i>pH:</i>	N.A.
<i>Temperatura de Ebullición:</i>	Inicial: 180°C - Final: 205°C
<i>Temperatura de inflamación:</i>	Mín. 43°C
<i>Solubilidad:</i>	Insoluble en agua. Soluble en todas las proporciones en la mayoría de solventes orgánicos.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones ordinarias de uso y almacenamiento

**Condiciones a evitar:** Evite las descargas estáticas, chispas, llamas abiertas, calor y otras fuentes de ignición.

**Incompatibilidad con otros materiales:** Agentes oxidantes fuertes (como hipoclorito de sodio, ácidos fuertes, peróxidos, cloro). No corrosivo a los metales.

**Productos de descomposición térmica:** Monóxido de carbono, dióxido de carbono.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

**Inhalación:** Vapores o nieblas a concentraciones superiores a 1000 ppm causan irritación de los ojos y del tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, mareos, deterioro y fatiga intelectual, confusión, anestesia, somnolencia, inconsciencia y otros efectos sobre el sistema nervioso central incluyendo la muerte.

**Contacto con la piel:** Baja toxicidad. Contacto prolongado o frecuente puede producir irritación y salpullido (dermatitis). Su contacto puede agravar una condición de dermatitis existente.

**Contacto con los ojos:** Produce irritación leve y temporal, pero no causa daño a los tejidos de los ojos.

**Ingestión:** Toxicidad oral baja. Muy peligroso si es aspirado (respirado por los pulmones) aún en pequeñas cantidades, lo cual puede ocurrir durante la ingestión o el vómito, pudiendo ocasionar daños pulmonares leves o severos, e incluso la muerte.

**Efectos crónicos:** Piel: Irritación. Contacto prolongado con ropa húmeda puede desarrollar quemaduras, ampollas y dolor. Tras sobre exposiciones repetidas puede desarrollarse intoxicación crónica con solventes orgánicos, con síntomas como dolor de cabeza, mareos, pérdida de la memoria, cansancio, dolor en las articulaciones, disturbios del sueño, depresión, irritabilidad, náuseas. Esta afección es poco común. Se han reportado efectos sobre el hígado luego de exposiciones intensas y prolongadas.

**Carcinogenicidad:** Clasificación de la IARC: Grupo 3, no clasificable como carcinógeno para humanos. No se han reportado efectos reproductivos, mutagénicos, teratogénicos, embriotóxicos o sinérgicos.

## 12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Evite la entrada de este producto a desagües, ríos y otras fuentes de agua.

## 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a una instalación aprobada para desechos. Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación.