

POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL: EXPERIENCIAS FRENTE A UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) IN CIVIL ENGINEERING WORKS: EXPERIENCES ADDRESSING AN ENVIRONMENTAL PROBLEM

Juan Sebastián Rodríguez Martínez

Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, juansrodriguezm@usantotomas.edu.co

Jessica María Ramírez Cuello

Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, Docente, jessicaramirez@ustavillavicencio.edu.co

Resumen: El objetivo principal de este artículo es documentar, a través de una revisión teórica, el uso del Poliestireno Expandido (EPS) en proyectos de ingeniería civil, destacando las experiencias asociadas y los desafíos ambientales. Para lograr esto, se presenta un marco conceptual para contextualizar el tema a nivel nacional e internacional, junto con una visión histórica de su uso a lo largo de la historia. Adicionalmente, se analizan los diversos beneficios del material, y su uso en proyectos de ingeniería civil se categoriza internacionalmente a través de una exhaustiva revisión bibliográfica. Además, se proporciona un análisis detallado del uso y las aplicaciones de EPS en proyectos de ingeniería civil, junto con recomendaciones para su gestión, eliminación y reutilización. Cabe destacar que, en la actualidad, el desarrollo de proyectos de ingeniería con EPS se ha convertido en un tema de estudio académico e investigación en algunos centros. Además, se describen los diversos beneficios del material, identificados a través de una revisión exhaustiva de la literatura existente. Cada uno de los procesos estudiados identifica una mejora en las diferentes propiedades del material, lo que se refleja en el resultado final. En última instancia, este artículo proporciona una visión general del uso del poliestireno expandido en proyectos de ingeniería civil, destacando las experiencias asociadas y los desafíos ambientales, y proporcionando recomendaciones para la gestión sostenible.

Palabras clave: Poliestireno expandido (EPS), Ingeniería Civil, Desafíos Ambientales, Gestión Sostenible, Beneficios, Disposición, Reutilización, Reseña Histórica

Abstract: The main objective of this article is to document, through a theoretical review, the use of Expanded Polystyrene (EPS) in civil engineering projects, highlighting the associated experiences and environmental challenges. To achieve this, a conceptual framework is presented to contextualize the topic at the national and international level, along with a historical overview of its use throughout history. Additionally, the various benefits of the material are analyzed, and its use in civil engineering projects is categorized internationally through an exhaustive literature review. Moreover, a detailed analysis of the use and applications of EPS in civil engineering projects is provided, along with recommendations for its management, disposal, and reuse. It is noteworthy that, at present, the development of engineering projects with EPS has become a topic of academic study and research in some centers. Furthermore, the various benefits of the material are described, identified through an exhaustive review of existing literature. Each of the studied processes identifies improvement in the different properties of the material, which is reflected in the result. Ultimately, this article provides an overview of the use of Expanded Polystyrene in civil engineering projects, highlighting associated experiences and environmental challenges, and providing recommendations for sustainable management.

Keywords: Expanded Polystyrene (EPS), Civil Engineering, Environmental Challenges, Sustainable Management, Benefits, Disposal, Reuse, Historical Overview

Introducción

El poliestireno expandido (EPS) es un material termoplástico ampliamente utilizado en la construcción de edificios y obras de ingeniería civil por sus propiedades de ligereza, versatilidad y bajo costo [1] Sin embargo, su uso ha generado una problemática ambiental importante debido a que no es biodegradable y puede tardar siglos en descomponerse [2]

En respuesta a esta problemática, muchos países han tomado medidas para regular y controlar el uso de EPS en la construcción. La Unión Europea, por ejemplo, ha implementado políticas para fomentar el reciclaje y reducir el uso de EPS en la construcción [2] Otros países, como Australia y Nueva Zelanda, han prohibido el uso de EPS en ciertas aplicaciones [3] En Colombia es conocido con el nombre de icopor. Pero, este material no es recuperado o reutilizado en la mayor parte del país y generalmente, es depositado en la basura común, ocasionando contaminación.

A pesar de la problemática ambiental asociada con el EPS, su uso apropiado y sostenible puede ser una parte importante de un enfoque integrado para la construcción sostenible. Según la Asociación Americana de la Industria del Aislamiento [4] el EPS puede ser un material eficiente para la construcción con un alto desempeño energético.

Es importante tener en cuenta que el uso de EPS en obras de ingeniería civil requiere un equilibrio entre la eficiencia energética, el costo y la sostenibilidad ambiental. Una evaluación cuidadosa de sus ventajas y desventajas y una regulación adecuada son necesarias para asegurar su uso sostenible en la construcción.

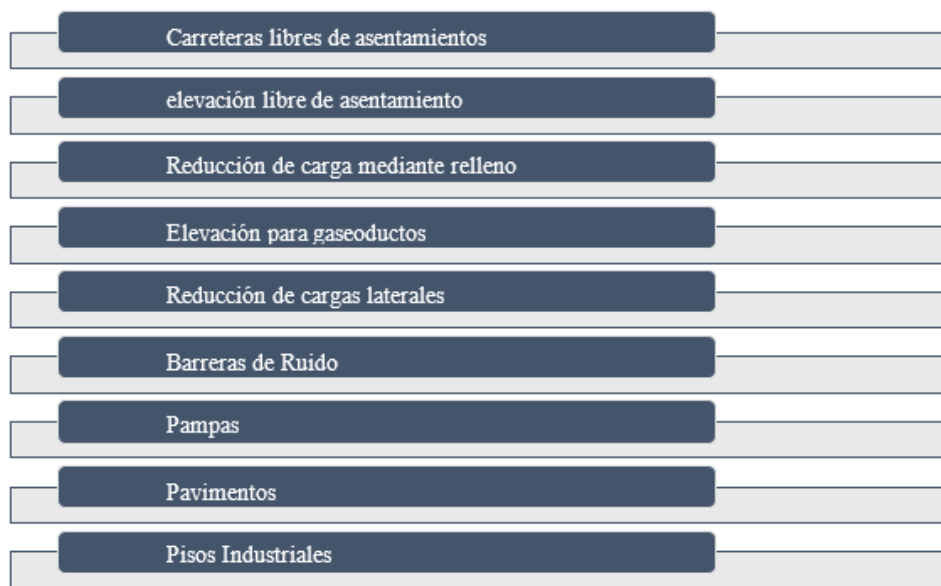
Revisión de la literatura

Antecedentes

El Poliestireno Expandido (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción. El cual genera 6000 toneladas de residuos al año y un tiempo de descomposición de 500 a mil años. Los residuos de poliestireno en los rellenos sanitarios ocupan un espacio bastante significativo ya que el volumen equivalente a una tonelada de poliestireno es el mismo para 100 toneladas de otro tipo de materiales. [5] El polietileno expandido (EPS), es principalmente usado como material aligerante en proyectos de Ingeniería Civil, en construcciones horizontales, como verticales. Gracias a las propiedades que tiene el EPS como aligerante también se le suman la, resistencia, la cohesión, entre otras.

Sus inicios se dieron en los años 60 en noruega, a pesar de su bajo peso, posee una gran resistencia a la compresión, siendo una solución idónea para su uso en bases estructurales. Los principales usos en materia de análisis son:

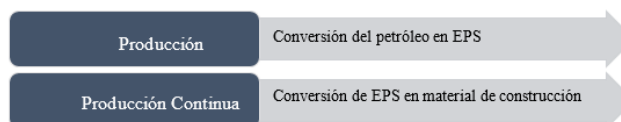
Figura 1. Principales usos del Poliestireno Expandido (EPS)



Fuente: elaboración Propia

La producción del mismo se da en dos fases sin importar su uso final:

Figura 2. Fases de producción general



Fuente: elaboración Propia

Estado del Conocimiento Nacional

Reciclaje Termo - Mecánico del Poliestireno Expandido (Icopor), como una Estrategia de Mitigación de su Impacto Ambiental en Rellenos Sanitarios.

En la Universidad de Manizales, en 2013 se llevó a cabo una monografía, esta consistió en realizar un modelo para reducir el volumen de poliestireno expandido a través del reciclaje termo-mecánico, el resultado es una resina que reduce el espacio de ocupación de este material, por lo tanto, es posible utilizar la resina resultante a nivel industrial en la sustitución o modificación de materiales, esto se traduce en una forma de reusar de forma eficaz el poliestireno expandido sin causar afectación ambiental. [6]

Investigación de Mercados Aplicada a la Gestión de Poliestireno Expandido en la Ciudad de Pereira.

El proyecto desarrollado en el 2015, es un desafío, dado que se quiere implementar un sistema de logística inversa en Colombia, dada la problemática ambiental creada por el poliestireno expandido, para ellos se realiza un estudio de mercado en la ciudad de Pereira y expone la posibilidad de crear una organización para el acopio del poliestireno expandido, mostrando lo que están haciendo en algunos países para el reciclaje del EPS, algunos casos de grandes compañías con sistemas de logísticas inversas viables son Cisco, Xerox, que están comprometidas con la sostenibilidad del medio ambiente. [7]

Uso de Poliestireno Expandido Reciclado para la Obtención de un Recubrimiento Anticorrosivo

En el 2016, varios autores realizaron una tesis donde plantearon un diseño experimental, el cual desarrolla diferentes formulaciones con el poliestireno expandido reciclado y otros químicos aditivos, se comparó en cuanto a su eficiencia y capacidad para la previsión de la corrosión, el recubrimiento obtenido con uno comercial, de lo cual se pudo concluir que el recubrimiento desarrollado en este proyecto es más eficiente en el control de la corrosión. Por lo tanto, la tesis aporta una forma de reusar el poliestireno expandido, además que, dentro de los diseños realizados, se contempló un ahorro significativo y una posible sustitución del material, esto abre campo a productos nuevos que sean creados con el material reciclado. [8]

Síntesis y Caracterización de la Mezcla Polipropileno-Poliestireno Expandido Reciclado como Alternativa para el Proceso de Producción de Autopartes.

Esta tesis nos aporta otra manera de reusar el poliestireno expandido, ya que a través de los ensayos en los cuales se sustituyó la fibra de vidrio con la mezcla de polipropileno-poliestireno expandido en la producción de autopartes, se comprobó la viabilidad de la incorporación de un residuo a un proceso productivo. Adicionalmente, se visibilizó un ahorro significativo con la sustitución del material y se abrió un campo de estudio con un sinfín de posibilidades para la creación de nuevos materiales. [9]

Aprovechamiento de Residuos Industriales de Poliuretano Termoestables en la Elaboración de Paneles Para Terminados Constructivos, a partir de Patente Brasileña.

Esta tesis nos aporta los diferentes métodos de reciclaje y reutilización que hacen en varios productos, entre esos los paneles para construcción en Colombia. Lo que evidencia la posibilidad real, de brindar alternativas ecológicamente amigables en las materias primas que se usan en la rama de la construcción en el país. Igualmente genera una concientización acerca del uso no óptimo que se da a los materiales en Latinoamérica y por supuesto en Colombia, visibilizando los problemas que se generan a partir del poco aprovechamiento de los residuos. [10]

Análisis de Alternativas para la Gestión Ambiental de los Residuos de Demolición y Construcción (RCD), en la Ciudad de Bogotá a partir del Ciclo de Vida y la Economía Circular.

En el año 2017, el autor Jorge Beltrán visualiza la problemática de los residuos de demolición y construcción en Bogotá y hace un análisis de documentos y políticas para llegar a formular alternativas para el manejo de RCD, apuntándole a la disminución de los materiales necesarios, reduciendo de esta manera los desechos [11]. Esto aporta al trabajo una regulación actual en cuestión de residuos de demolición y construcción.

Estado del Arte Internacional

Reciclaje de Poliestireno Expandido de Empaques

En este artículo del 2010, luego de obtenerse los resultados producto de un análisis térmico e infrarrojo, se demuestra que el poliestireno expandido no se degrada durante el proceso de recuperación y mejora sus propiedades térmicas. De igual forma, se presentan pruebas de tensión, donde tanto el poliestireno original como el reciclado tienen un comportamiento mecánico similar, lo cual permite concluir que en algunos procesos industriales es posible usar el poliestireno reciclado sin afectar en gran medida la composición del producto final e incluso reduciendo los costos de este. (Samper, 2010)

Estudio Técnico y Económico de una Vivienda Social utilizando Ladrillos de Poliestireno Expandido.

En el 2010 se comparó una vivienda social construida de paneles de pino con una construida a partir de poliestireno expandido. Como consecuencia de ese estudio, se evidencio que la vivienda construida con ladrillos de poliestireno a pesar de tener mayor costo posee una mayor versatilidad, es más resistente a agentes externos y tiene una excelente aislación térmica acústica. [12]. En este trabajo se logró demostrar que el poliestireno expandido cuenta con ventajas muy importantes como: ejecución de obras con mayor rapidez, una reducción de mano de obra y maquinaria. Pero lo más destacado, es que a nivel ambiental se logra reducir la producción de escombros.

Análisis del Poliestireno Expandido como Material de Relleno en Suelos de Alta Compresibilidad.

En 2012 los autores Giovanny Ruiz e Iván Ballesteros, realizan una tesis para usar el Poliestireno Expandido como material de relleno para mejorar los suelos, en este realizan varios ensayos, se miden fuerzas hidráulicas, cargas sísmicas. [13]. Esta tesis nos aporta los ensayos y arroja los resultados del comportamiento del poliestireno expandido como óptimo para las construcciones.

Bloques de Poliestireno Expandido y su Uso en Terraplenes

En el año 2014, desde la Universidad Central de Ecuador se planteó un proyecto donde los bloques de poliestireno expandido juegan un papel en el área de la construcción, y se comparan las especificaciones de las normas ASTM, adicionalmente se hacen ensayos de comprensión, flexión, absorción y placa sobre bloques de poliestireno expandido y se comprueban las propiedades mecánicas de los bloques expandidos fabricados a nivel nacional, determinando si los mismos pueden soportar cargas de tráfico [14]. Se pudo evidenciar que existe una posibilidad real de tener alternativas amigables con el medio ambiente y se constata las propiedades del poliestireno expandido son competentes para la industria de la construcción.

La Utilización del Poliestireno Expandido en el Campo de la Geotecnia

Para llevar a cabo, la investigación que planteaba el estudio de variadas soluciones constructivas para la geotecnia, y se logró evidenciar las ventajas significativas para la reducción de asentamiento y el aumento en la homogeneidad de la superficie. Con este trabajo se logró demostrar que el poliestireno expandido se puede incorporar en las cimentaciones, y además demostrar su aplicación, esto debido al usar el material se logra reducir el peso estructural, sin que se vea afectada la rigidez [15].

[15] confirma que: “*el poliestireno expandido puede ser sustituto de un terraplén en situaciones fijas y como material ligero en sistemas de contención de tierras, se comprueba que dichos bloques de EPS pueden ser usados en las cimentaciones, dejando claro que este material representa una alternativa para la construcción.*”

Evaluación de Alternativas de Reciclaje de Poliestireno Expandido (Duropor)

Los autores hacen una investigación de dos alternativas para reciclar el poliestireno expandido, la primera es producir una resina de intercambio iónico y la segunda un recubrimiento plástico, concluyeron que la resina para recubrimiento es de menor costo en relación con la primera alternativa obteniendo mejores resultados en la aplicación final [16]. En este trabajo puede aportar alternativas de aplicación con el reciclaje del EPS.

Reutilización del Poliestireno en Morteros de Cemento Liviano

En el año 2016, los autores de la investigación encontrada plantearon evaluar la reutilización del poliestireno expandido con el fin lograr morteros de cemento liviano, se estudiaron cuatro factores: tipo de EPS, contenido de EPS, mezcla de aditivos y tipo de cemento, los cuales fueron estudiados y analizados. Y se logró demostrar como manipular los factores y las interacciones sinérgicas para fabricar morteros ligeros que cumplan con las normas relevantes de la Unión Europea (UE). Dichos morteros contienen un 60% de residuos de EPS, aditivos en bajas cantidades y un bajo porcentaje de Clinker. [17]

Metodología

La metodología empleada en la monografía es de carácter cualitativa ya que recopila información y con ello identifica los conceptos generales, aplicaciones y usos del Poliestireno Expandido. El desarrollo metodológico se compone por las siguientes etapas tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1. Metodología

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Contextualizar la monografía a través de la descripción de conceptos técnicos, teóricos y normativos sobre el Polietileno Expandido.	Recopilación y descripción de información	Se pretende recopilar los diferentes procesos de obtención, conceptualización y normativa vigente aplicable para el uso y disposición del polietileno expansivo el cual se realiza a partir de documentos de organizaciones oficiales, artículos de revistas, y tesis de grados referente al tema mediante una metodología descriptiva.	Rodríguez Juan, Universidad Santo Tomas.
Sintetizar los diferentes usos y aplicaciones del Poliestireno Expandido en obras de Ingeniería Civil.	Identificación y análisis de usos y aplicaciones del polietileno expandido	Continuo a una conceptualización teórica y normativa, se pretende identificar las principales aplicaciones y usos del polietileno en la Ingeniería Civil. Identificando procesos y ramas a las cuales va dirigidas realizadas a partir de fuentes secundarias como artículos, tesis, documentos, libros, etc.	Rodríguez Juan, Universidad Santo Tomas.
Establecer recomendaciones para el uso, manejo, disposición y reutilización del Poliestireno Expandido, en obras de Ingeniería Civil.	Conclusiones y recomendaciones, Síntesis y actualización de la información	Una vez ordenada y completa la información analizada es necesario determinar recomendaciones a lo largo de la monografía para futuras investigaciones resaltando la importancia de este tipo de documentos.	Rodríguez Juan, Universidad Santo Tomas.

Fuente: Elaboración Propia

Resultados

Conceptos Teóricos sobre el Poliestireno Expandido.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo sobre algunos Conceptos Teóricos del Poliestireno Expandido (EPS) en la ingeniería civil:

Tabla 2. Conceptos Teóricos sobre el Poliestireno Expandido

Concepto	Definición
Resistencia Mecánica	El EPS es un material frágil y no apto para soportar cargas estructurales, pero se puede utilizar como material de relleno, encofrado perdido o para crear pendientes en cubiertas. [18]
Comportamiento ante el Fuego	El EPS es inflamable, pero su baja densidad y estructura celular abierta limitan su contribución a la propagación del fuego. Existen aditivos retardantes de llama que se pueden añadir al EPS para mejorar su comportamiento ante el fuego. [18]
Reciclar	El EPS es un material reciclable que se puede reutilizar en nuevos productos. Su reciclaje en la construcción se está convirtiendo en una práctica cada vez más común. [19]
Propiedades Térmicas	El EPS tiene una baja conductividad térmica, lo que lo hace ideal para su uso como aislante en la construcción de edificios y viviendas. Según estudios, el EPS puede reducir hasta en un 25% el consumo energético de un edificio. [20]

Fuente: elaboración Propia

En resumen, el EPS es un material plástico espumado que se utiliza ampliamente en la ingeniería civil por sus propiedades aislantes, livianas y de resistencia a la humedad. Aunque es frágil y no apto para soportar cargas estructurales, se utiliza como material de relleno, encofrado perdido o para crear pendientes en cubiertas. También es inflamable, pero su baja densidad y estructura celular abierta limitan su contribución a la propagación del fuego. El EPS es reciclable y se puede reutilizar en nuevos productos, lo que lo convierte en una opción cada vez más popular en la construcción. Además, tiene una baja conductividad térmica, lo que lo hace ideal para su uso como aislante en la construcción de edificios y viviendas, ya que puede reducir significativamente el consumo energético.

Conceptos Técnicos sobre el Poliestireno Expandido

Cuadro comparativo de conceptos técnicos sobre el Poliestireno Expandido:

Tabla 3. Conceptos Técnicos sobre el Poliestireno Expandido

Características	Descripción
Composición	Espuma polimérica de poliestireno de densidad ultrabaja con huecos de aire en una matriz polimérica. . [21]
Propiedades físicas	Ligereza, baja conductividad térmica, resistencia al agua y a la compresión, reciclable. [22]
Usos en construcción	Núcleo aislante en paneles estructurales, terraplenes de carreteras, estructuras de hormigón aislado, hormigón ligero, sustituto de suelo ligero y aislamiento térmico en aplicaciones geotécnicas, entre otros. [23]
Aplicaciones	Embalajes de mitigación de impacto, material de construcción, protección de tuberías y alcantarillas, rotura de puente térmico, sistemas de barrera contra el oleaje, entre otros. [23]
Ventajas	Ligereza, fácil instalación, buenas propiedades físicas y mecánicas, bajo peso, reducción de cargas muertas y sísmicas, propiedades de amortiguación, resistencia a la compresión y al agua. [22]
Fabricación	Calentamiento de perlas expandibles de poliestireno con vapor y moldeado en bloques prismáticos. [24]
Composición química	Termoplástico de hidrocarburo, inerte y de baja densidad. Estable en presencia de la mayoría de las sustancias químicas. [25]

Fuente: elaboración Propia

Es importante destacar que el poliestireno expandido (EPS) es un material muy versátil que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. En el sector de la construcción, su ligereza y resistencia lo convierten en un material atractivo para la creación de estructuras y paneles aislantes, así como para el relleno de espacios vacíos. Además, el EPS es un material respetuoso con el medio ambiente y 100% reciclable.

Normativa sobre el poliestireno expandido en Colombia

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de la normativa sobre el Poliestireno Expandido (EPS) en Colombia:

Tabla 4. Normativa sobre el Poliestireno Expandido en Colombia

Normativa	Ámbito de aplicación	Objeto
Ley 1259 de 2008	Gestión integral de residuos sólidos	Establecer los lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos, incluyendo los residuos de EPS.
Decreto 1077 de 2015	Licencia Ambiental	Establecer el procedimiento para la obtención de la Licencia Ambiental, en la cual se deben incluir las medidas de manejo y disposición del EPS.
Resolución 1407 de 2018	Manejo y disposición de residuos de EPS	Establecer los lineamientos para el manejo y disposición de residuos de EPS, incluyendo la clasificación, recolección, transporte y disposición final.
NTC 5835	Manejo y disposición de residuos sólidos	Establecer las especificaciones técnicas y los requisitos para el manejo y la disposición de residuos sólidos, incluyendo los residuos de EPS.
NTC 3503	Producción, almacén	Establecer las especificaciones técnicas y los requisitos para la producción, almacenamiento, transporte y uso del EPS en la construcción de obras civiles.
NTC 4595	Especificaciones de bloques y paneles de EPS	Establecer los requisitos y las pruebas para determinar la densidad aparente y la absorción de agua del EPS, así como las especificaciones de los bloques y paneles de EPS.
Reglamento Técnico de Edificaciones	Construcción de edificaciones	Establecer las especificaciones técnicas para la construcción de edificaciones en Colombia, incluyendo las normas para el uso y disposición del EPS.
Panel de Control Ambiental (PCA)	Construcción de obras civiles	Presentar las medidas que se tomarán para reducir el impacto ambiental de la construcción, incluyendo el manejo y disposición del EPS.
Estudios de Impacto Ambiental (EIA)	Construcción de obras civiles de gran envergadura	Evaluar y prevenir los posibles impactos ambientales que se pueden generar, incluyendo el manejo y disposición del EPS.

Fuente: elaboración Propia

En resumen, la normativa sobre el Poliestireno Expandido en Colombia abarca tanto la gestión integral de residuos sólidos como las especificaciones técnicas para la producción, almacenamiento, transporte, uso y disposición del EPS en la construcción de obras civiles. Además, se establecen medidas para reducir el impacto ambiental de la construcción y se exige la evaluación y prevención de posibles impactos ambientales a través de estudios técnicos.

Usos y Aplicaciones del Poliestireno Expandido en obras de Ingeniería Civil

A continuación, se presenta un cuadro comparativo donde se destacan las ventajas y desventajas del uso y aplicaciones del Poliestireno Expandido (EPS):

Tabla 5. Ventajas y desventajas del uso y aplicaciones del Poliestireno Expandido en obras de Ingeniería Civil

Proyecto	Año	Fuente	Ventaja	Desventajas
Bases de Hormigón de Poliestireno Expandido	1978	Hanna	- Reducción de peso y costos de construcción -Aislamiento térmico y acústico -Resistencia a la humedad y a los insectos	- No se recomienda para estructuras de alta carga - Vulnerable a los daños por los rayos UV - Dificultad para fijar elementos a la superficie
Composición de Cementación de Pozos	1998	Troncos	- Aumenta la productividad de los pozos - Reducción de costos de cementación -Mayor resistencia a la temperatura y la presión	- Dificultad para controlar el tiempo de fraguado -Puede causar problemas de formación de canalización
Morteros Ligeros a base de Poliestireno Expandido y Papel Cenizas de Lodos	2014	Ferrándiz-Mas & V.	- Reducción de peso y costos de construcción - Aislamiento térmico y acústico - Mejora la eficiencia energética	- Puede reducir la resistencia del mortero -Puede ser vulnerable a la humedad y a los insectos
Propiedades de Fluencia y Recuperación de la Fluencia del Hormigón con Agregados de Poliestireno	2014	Tang	- Aumenta la durabilidad y la resistencia a la compresión del hormigón - Reducción de peso y costos de construcción -Aislamiento térmico y acústico	- Puede reducir la resistencia a la tracción - Puede ser vulnerable a la humedad y a los insectos
Propiedades Mecánicas Estáticas y Dinámicas del Poliestireno Expandido	2015	Chen	- Ligero y de bajo costo - Alta resistencia a la compresión y flexión - Resistencia al agua y al fuego	- Baja resistencia a la tracción - Vulnerable a la exposición prolongada al sol y a la intemperie
Evaluación de las Propiedades de Resistencia al Cizallamiento de los Poliestireno Expandido Modificado	2016	Canakci H. A.	- Mejora la resistencia al cizallamiento - Ligero y de bajo costo - Resistente al agua y al fuego	- Baja resistencia a la tracción - Vulnerable a la exposición prolongada al sol y a la intemperie
Geoespuma de Poliestireno Expandido en la Construcción de Pavimentos	2017	Mohajerani y A	- Reducción de peso y costos de construcción -Aislamiento térmico y acústico - Resistente a la humedad y a los insectos	- Puede reducir la resistencia del pavimento - Vulnerable a la exposición prolongada al sol y a la intemperie

Tabla 5. Ventajas y desventajas del uso y aplicaciones del Poliestireno Expandido en obras de Ingeniería Civil

Proyecto	Año	Fuente	Ventaja	Desventajas
Poliestireno Expandido (EPS) en la Construcción de Carreteras	2020	Giuliani	- Reducción de peso y costos de construcción -Aislamiento térmico y acústico - Mejora la eficiencia energética	Vulnerabilidad a la intemperie: El EPS puede ser afectado por la exposición a la intemperie, lo que puede provocar su descomposición y deterioro a largo plazo.
Geospuma de Poliestireno Expandido	2020	Tafreshi S. M.	-Excelente resistencia a la compresión y la tensión -Bajo costo y peso -Buena resistencia a la humedad y al deterioro	-Menor resistencia al fuego en comparación con otros materiales de construcción -No es biodegradable y puede tener un impacto negativo en el medio ambiente
Respuesta de las Cimentaciones de Pavimentos que Incorporan Geoceldas y Geospuma de Poliestireno Expandido (EPS)	2020	Siabil	-Mayor capacidad de carga y reducción de asentamientos en comparación con las cimentaciones tradicionales -Mayor durabilidad y vida útil de la carretera -Reducción de costos de construcción y mantenimiento	-Requiere una instalación más técnica y cuidadosa para evitar la falla temprana -Menor resistencia al desgaste en comparación con las cimentaciones convencionales
Comportamiento de Hinchamiento de Expansivos Estabilizados con Geospuma de Poliestireno Expandido	2020	Selvakumar	-Excelente resistencia a la compresión y la tensión -Reducción significativa del hinchamiento y la contracción del suelo -Mejora de la estabilidad y la capacidad de soporte del suelo	-No es biodegradable y puede tener un impacto negativo en el medio ambiente -Costos más altos en comparación con los estabilizadores de suelo convencionales
Un modelo de Plasticidad de Superficie Límite para la Mezcla de Poliestireno Expandido y Arena	2022	Mamá	-Buena resistencia al fuego -Bajo costo y peso -Mejora de la durabilidad y la vida útil de la estructura	-Menor resistencia a la tensión y la compresión en comparación con otros materiales de construcción -Necesita una instalación más técnica y cuidadosa para evitar la falla temprana

Tabla 5. Ventajas y desventajas del uso y aplicaciones del Poliestireno Expandido en obras de Ingeniería Civil

Proyecto	Año	Fuente	Ventaja	Desventajas
Mitigación de Asentamientos en Puentes Utilizando Espuma de Poliestireno Expandido como Relleno Ligero: Estudio de Caso y simulación 3D	2022	Malai	-Mayor capacidad de carga y reducción de asentamientos en comparación con los rellenos convencionales -Reducción de costos de construcción y mantenimiento	-Requiere una instalación más técnica y cuidadosa para evitar la falla temprana -Menor resistencia al desgaste en comparación con los rellenos convencionales
Propiedades de Contracción por Secado del Poliestireno Expandido (EPS) Concreto de Agregado Liviano: una Revisión	2022	Maghfouri M. Un	-Bajo costo y peso -Mejora de la durabilidad y la vida útil de la estructura -Reducción de costos de construcción y mantenimiento	-Menor resistencia a la tensión y la compresión en comparación con otros materiales de construcción
Paneles de Hormigón a Base de Poliestireno Expandido (EPS) como Aislamiento de Losas de Tejado en Zonas Tropicales	2022	Meddage, 2022	- Excelente aislamiento térmico y acústico - Resistencia al fuego y al agua	- Costo inicial Puede ser Mayor que otros aislamientos - Puede ser Vulnerable a los rayos UV
Bloques de Hormigón Ligero Fabricados con Poliestireno Expandido y Agente Espumante	2022	Vinod, 2022	- Bajo peso y alta resistencia mecánica - Buen Aislamiento térmico y acústico - Fácil y rápido de instalar	- Puede ser más costoso que los bloques de concreto convencional
Hormigón Aligerado con Poliestireno Expandido (EPS)	2022	Prasittisopin, 2022	- Bajo peso y alta resistencia mecánica - Aislamiento térmico y acústico mejorado - Fácil de trabajar y transportar	- Resistencia al fuego moderada - No es adecuado para estructuras que requieren alta resistencia
Caracterización Ultrasónica del Poliestireno Expandido Utilizado en Túneles poco Profundos bajo Excitación Sísmica	2022	Abd-El-Mottaleb, 2022	- Permite conocer las propiedades mecánicas del material - Puede ser utilizado para la inspección no destructiva - Ayuda a mejorar el diseño y la construcción de túneles	- El equipo de ultrasonido puede ser costoso

Fuente: elaboración Propia

Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones del artículo:

- Se identificaron y explicaron los conceptos técnicos y teóricos más relevantes relacionados con el Poliestireno Expandido en el ámbito de la Ingeniería Civil.
- Se abordaron las normativas y regulaciones nacionales e internacionales relacionadas con el uso y disposición del material, lo que permite a los profesionales del sector cumplir con los requisitos legales.
- Se identificaron y describieron las aplicaciones más comunes del material en el sector de la construcción, destacando su versatilidad y beneficios en términos de aislamiento térmico, acústico, resistencia mecánica y bajo peso específico.
- Se presentaron ejemplos concretos de proyectos de Ingeniería Civil donde se utilizó Poliestireno Expandido, lo que permitió visualizar su potencial en diferentes tipos de obras.
- Se presentaron recomendaciones prácticas para el manejo y disposición adecuada del material, con el fin de minimizar su impacto ambiental y fomentar su reutilización.
- Se destacó la importancia de implementar medidas de control y monitoreo ambiental en el uso del material en obras de Ingeniería Civil.
- Se resaltó la necesidad de promover el uso sostenible del Poliestireno Expandido en el sector de la construcción, como parte de un enfoque más amplio hacia la construcción sostenible

Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para el uso, manejo, disposición y reutilización del poliestireno expandido (EPS) en obras de ingeniería civil, con el fin de minimizar su impacto ambiental:

- ✓ Usar EPS con contenido reciclado:

Se recomienda utilizar EPS que contenga material reciclado, para reducir la cantidad de residuos que se generan y disminuir la extracción de materias primas. Además, el uso de EPS reciclado puede reducir la huella de carbono asociada a la producción de nuevos materiales.

- ✓ Minimizar la generación de residuos:

Se debe tratar de minimizar la cantidad de residuos que se generan durante la producción y el uso del EPS. Por ejemplo, se puede optimizar el corte de las piezas de EPS para evitar el desperdicio de material.

- ✓ Disposición adecuada de los residuos:

Es importante disponer adecuadamente los residuos de EPS para evitar su acumulación en vertederos o en el medio ambiente. El EPS se puede reciclar, reutilizar o enviar a instalaciones especializadas de disposición de residuos. En Colombia, existen empresas que se dedican a la recolección y reciclaje de EPS, como, por ejemplo, Ecoplast.

- ✓ Reutilización del EPS:

El EPS también puede ser reutilizado en la construcción de estructuras y edificios, mediante el uso de paneles prefabricados o bloques de EPS. Esta opción puede reducir la cantidad de residuos y disminuir el consumo de materiales de construcción convencionales.

Es importante que los profesionales de la ingeniería civil tomen en cuenta estas recomendaciones al utilizar el EPS en la construcción de obras civiles, con el fin de minimizar su impacto ambiental y promover su uso sostenible.

Futuras Investigaciones

En Colombia, el uso del poliestireno expandido (EPS) en la ingeniería civil ha ganado terreno en los últimos años debido a su alta capacidad aislante y bajo consumo energético, pero aún hay desafíos que se deben abordar para mejorar su impacto ambiental. A continuación, se presentan algunas futuras investigaciones que se pueden llevar a cabo a nivel de Colombia:

- Evaluación del impacto ambiental local:

Aunque el EPS puede ser una solución efectiva para reducir el consumo de energía en los edificios, es importante evaluar su impacto ambiental local en Colombia. Se pueden llevar a cabo estudios para evaluar el impacto del EPS en el clima, la calidad del aire y la calidad del agua en las regiones donde se utiliza.

- Desarrollo de políticas y regulaciones:

Es necesario que el gobierno colombiano desarrolle políticas y regulaciones que fomenten el uso sostenible del EPS en la construcción. Se pueden llevar a cabo investigaciones para desarrollar directrices y estrategias para el uso sostenible del EPS en Colombia.

- Investigación en nuevos materiales:

Se pueden llevar a cabo investigaciones para encontrar alternativas más sostenibles al EPS en la construcción, como el uso de materiales renovables y biodegradables. También se pueden estudiar nuevas formas de combinar materiales para mejorar la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental.

- Mejora en la gestión de residuos:

La gestión de residuos sigue siendo un problema en Colombia, especialmente en áreas urbanas. Se pueden llevar a cabo investigaciones para mejorar la eficiencia y la rentabilidad del reciclaje de EPS y encontrar nuevos usos para el material reciclado.

En definitiva, la investigación continua es necesaria para mejorar la sostenibilidad del uso del EPS en la ingeniería civil en Colombia y mitigar su impacto ambiental en el país. Además, es importante involucrar a todas las partes interesadas, incluyendo el gobierno, los fabricantes, los ingenieros y los arquitectos, para desarrollar soluciones sostenibles y abordar los desafíos que se presentan en el uso del EPS en la construcción en el país.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por guiarme en cada etapa de mi formación académica y darme la sabiduría para tomar las decisiones correctas en el proceso de formación.

A mi madre y padre por estar presentes en los momentos difíciles y brindarme ese apoyo incondicional para salir adelante y llegar a cumplir todos mis propósitos de vida.

Por último, a cada uno de los ingenieros que aportaron su grano de arena, compartiendo su conocimiento, expresando sus ideas para fortalecer mis cualidades, haciendo posible la culminación de esta magnífica carrera.

REFERENCIAS

- [1] EPS Industry Alliance, «EPS Industry Alliance,» 11 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://epsindustry.org/what-is-eps>.
- [2] Comisión Europea., «Espuma plástica en aislamiento de edificios,» 11 Febrero 2018. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/environment/waste/foam_plastics_en.htm.
- [3] Departamento de Medio Ambiente y Energía., «Prohibición de espuma de poliestireno.,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.environment.gov.au/waste/waste-policy-and-regulation/ban-polystyrene-foam>.

- [4] National Insulation Association NIA, «¿Qué es el aislamiento EPS?: Exploring Insulation Materials,» 1 Abril 2012. [En línea]. Available: <https://insulation.org/>.
- [5] Anape, «Asociación nacional de polietileno expandido,» 2017. [En línea]. Available: <https://goo.gl/mzkVQy>.
- [6] C. H. P. Quintero, «Reciclaje termo-mecánico del poliestireno expandido (icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios,» Manizales, 2013.
- [7] L. K. O. Contreras, «Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira,» Pereira, 2015.
- [8] P. T.-T. C. B. C. I. V. D. J. & V. O. A. Meza Castellar, «Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo,» *Producción + Limpia*, pp. 13-21, 2016.
- [9] D. J. & S. M. J. J. K. Betancourt S., «Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno-poliestireno expandido (icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes,» *Luna Azul*, pp. 43), 286-310., 2016.
- [10] J. S. Sanchez y O. D. Gonzalez., «Aprovechamiento de residuos industriales de poliuretano termoestables en la elaboración de paneles para terminados constructivos, a partir de patente brasileña,» 2017.
- [11] J. Beltan., «Análisis de alternativas para la gestión ambiental de los residuos de demolición y construcción (RCD), en la ciudad de Bogotá a partir del ciclo de vida y la economía circular,» 2017.
- [12] J. A. M. Vasquez, «Estudio Técnico y económico de una vivienda social utilizando ladrillos de poliestireno expandido,» 2010.
- [13] F. R. Z. I. e. B. I. Giovanni, «Análisis del poliestireno expandido como material de relleno en suelos de alta compresibilidad,» 2012.
- [14] C. G. Almeida Avila, «Uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes,» 2014.
- [15] J. M. M. Dávila, «La utilización del poliestireno expandido en obras de geotécnica,» 2014.
- [16] O. G. J. C. Cordoba, «Evaluación de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido(Duropor),» 2015.
- [17] L. S. O. C. G.-A. V. Ferrándiz-Mas, «Diseño de morteros de cemento livianos a medida que contienen poliestireno expandido dedesecho mediante métodos estadísticos experimentales,» *Material Desing*, pp. 901-912., 2019.
- [18] M. d. Fomento, «Catálogo de elementos constructivos de fachadas ventiladas con poliestireno expandido,» España, 2006.
- [19] A. d. R. d. Cataluña, «Guía técnica de gestión de residuos de construcción y demolición,» España, 2016.
- [20] A. T. C. & A. F. De Marco, «Energy and environmental performance of EPS insulation in building retrofitting: A review,» *Energy and Buildings*, pp. 166, 343-353., 2018.
- [21] D. S. B. K. G. & T.-H. W. Babu, «Effect of polystyrene aggregate size on strength and moisture migration characteristics of lightweight concrete,» *Cement and Concrete Composites*, pp. 28(6), 520-527., 2006.
- [22] F. A. F. G. E. & M. A. Giuliani, «Expanded polystyrene (EPS) in road construction: Twenty years of Italian experiences,» *Transportation Research Procedia*, pp. 45, 410-417, 2020.
- [23] W. H. H. H. D. S. Y. C. J. & L. Z. X. Chen, «Static and dynamic mechanical properties of expanded polystyrene,» *Materials & Design*, pp. 69, 170-180, 2015.
- [24] A. A. M. A. L. & N. M. Mohajerani, «Expanded polystyrene geofoam in pavement construction,» *Construction and Building Materials*, pp. 157, 438-448., 2017.
- [25] V. B. T. G.-A. E. & C. C. R. Ferrándiz-Mas, «Lightweight mortars containing expanded polystyrene and paper sludge ash,» *Construction and Building Materials*, pp. 61, 285-292., 2014.