

USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO AGREGADO AL CONCRETO:
REVISIÓN LITERARIA



Diego Alejandro Erasso Eslava ID 498935

Camilo Andrés Quimbay Castro ID: 503279

Milton Audel Méndez Cruz ID: 477625

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO, META

2021

USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO AGREGADO AL CONCRETO:
REVISIÓN LITERARIA

Diego Alejandro Erasso Eslava ID 498935

Camilo Andrés Quimbay Castro ID: 503279

Milton Audel Méndez Cruz ID: 477625

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

ASESOR

MATEO AGUDELO VARELA

Ingeniero civil, especialista en planeación ambiental y Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

VILLAVICENCIO, META

2021



AUTORIDADES ACADÉMICAS

CESAR AUGUSTO PÉREZ LONDOÑO

DIRECTOR DE SEDE

HENRY VERGARA BOBADILLA

SUBDIRECTOR ACADÉMICO

RUTH EDITH MUÑOZ JIMÉNEZ

SUBDIRECTORA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

RAÚL ALARCÓN BERMÚDEZ

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍAS

MARÍA LUCRECIA RAMÍREZ

JEFE DE PROGRAMA

PEDRO GUTIÉRREZ AGUILERA

COORDINADOR DE INVESTIGACIONES

Página De Aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Villavicencio, octubre de 2021

Página de advertencia

La Universidad Cooperativa de Colombia No se hace responsable por los Conceptos
emitidos por los autores.

Dedicatoria

Primeramente, gracias a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, gracias a mis padres Luz Mary Eslava y Silvio Vicente Eraso por apoyarme en esta etapa de mi vida y llegar a culminar con excelencia la tesis y mi carrera.

Diego Alejandro Eraso Eslava

Dedicado a mi padre Álvaro Yesid Quimbay Pinilla en el cielo, se cumplió lo que soñábamos, y a mi madre Sonia Yinneth Castro Ortiz por su amor y perseverancia, a mi familia por el constante apoyo en este proceso

Camilo Andrés Quimbay Castro

A mis padres Audel Gonzalo Mendez y mi madre Carmen Rosa Cruz, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes.

Me formaron con muy buenos valores me motivan cada día alcanzar mis sueños.

Gracias papás.

Milton Audel Méndez Cruz

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros docentes de la facultad de ingeniería civil por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, al ingeniero Mateo Agudelo Varela, tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, a nosotros por el aguante y perseverancia.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	10
2. Objetivos.....	11
2.1 Objetivo General:	11
2.2 Objetivo Específico:.....	11
3. Justificación	12
4. Planteamiento del problema.....	13
5. Marco teórico	13
5.1 Marco normativo.....	17
6. Poliestireno expandido.....	18
6.1 Propiedades físicas y químicas del poliestireno expandido	19
6.1.1 Propiedades físicas:	19
6.1.2 Propiedades químicas.....	22
7. Hormigones o morteros livianos.....	23
8. Ventajas	24
9. Metodología.....	26
10. Resultados y análisis	27
11. Conclusiones	34

12. *Bibliografía*..... 36

1. Introducción

La Ingeniería Civil es un gran escenario desde donde se puede desarrollar el uso del poliestireno expandido o icopor como mediador y factor principal de aplicaciones que planteen soluciones a la problemática de la reutilización de este material. El objetivo de la investigación es estudiar el comportamiento que presenta el poliestireno expandido o icopor en el concreto, teniendo en cuenta su capacidad de aislamiento térmico y acústico, su baja densidad, su ligereza, su versatilidad, capacidad de absorción de los impactos y su fácil obtención debido a su cotidiano uso; características que hacen de él un material con un gran potencial estructural y oportuno para la elaboración de concretos con menor densidad, mejor manejabilidad, resistentes y más económicos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

- Demostrar la viabilidad del uso de poliestireno expandido como agregado al concreto a través de una revisión de literatura.

2.2 Objetivo Específico:

- Describir los usos del concreto modificado con poliestireno expandido.
- Identificar que diseño de mezclas son óptimos para la implementación del concreto modificado con poliestireno expandido en elementos estructurales y no estructurales.
- Describir la normatividad colombiana que permita el uso del concreto modificado con poliestireno expandido.

3. Justificación

Este proyecto se realiza con el fin de ampliar el conocimiento a los estudiantes de diferentes universidades sobre el concreto liviano, debido a que hay pocas fuentes confiables sobre este tipo de concreto modificado, como ya se menciona está cuenta con propiedades muy favorables. Así mismo es importante dar a conocer si el poliestireno cumple o no el propósito de aligerar y mantener los estándares de calidad necesarios que requieren ciertas construcciones.

En términos económicos al emplear un concreto aligerado, pero con igual resistencia reduce el costo en términos de transporte además por ser un material más ligero, se disminuye el tiempo que deben implementar los operarios a la hora de la construcción y así mismo disminuye los requerimientos estructurales que se deben aplicar a la edificación. Además, en términos sociales este tipo de material aligerante puede ser una alternativa a la construcción de viviendas de interés social debido al hecho de la disminución del costo, aumentando la posibilidad de este tipo de proyectos en la ciudad.

4. Planteamiento del problema

5. Marco teórico

Determinación de la resistencia del concreto Para una determinada mezcla de concreto es necesario determinar su resistencia a la compresión, y así estipular sus posibles aplicaciones y establecer si es factible o no su uso dentro de algunas obras. Para determinar la resistencia última a la compresión del concreto es necesario graficar el diagrama de esfuerzo-deformación unitario que es obtenido a partir de la realización del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto (NTC 673).

Aditivos comunes del concreto Un aditivo es un material diferente a los normales en la composición del concreto, es decir es un material que se agrega inmediatamente antes, después o durante la realización de la mezcla con el propósito de mejorar las propiedades del concreto, tales como resistencia, manejabilidad, fraguado, durabilidad, entre otras 11

En la actualidad, muchos de estos productos existen en el mercado, y los hay en estado líquido, sólido, en polvo y pasta. Aunque sus efectos están descritos por los fabricantes, cada uno de ellos deberá verificarse cuidadosamente antes de usar el producto, pues sus cualidades están aún por definirse.

Los aditivos más comunes empleados en la actualidad pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Incluidores de aire: Es un tipo de aditivo que, al agregarse a la mezcla de concreto, produce un incremento en su contenido de aire provocando, por una parte, el aumento en la manejabilidad y en la resistencia al congelamiento y, por otra, la reducción en el sangrado y la segregación.

2. Fluidizantes: Estos aditivos producen un aumento en la fluidez de la mezcla, o bien, permiten reducir el agua requerida para obtener una mezcla de consistencia determinada, lo que resulta en un aumento de la manejabilidad, mientras se mantiene el mismo revenimiento. Además, pueden provocar aumentos en la resistencia tanto al congelamiento como a los sulfatos y mejoran la adherencia.

3. Retardantes del fraguado: Son aditivos que retardan el tiempo de fraguado inicial en las mezclas y, por lo tanto, afectan su resistencia a edades tempranas. Estos pueden disminuir la resistencia inicial. Se recomienda para climas cálidos, grandes volúmenes o tiempos largos de transporte.

Acelerantes de la resistencia: Estos producen, como su nombre lo indica, un adelanto en el tiempo de fraguado inicial mediante la aceleración de la resistencia a edades tempranas. Además, pueden disminuir la resistencia final.

5. Estabilizadores de volumen: Producen una expansión controlada que compensa la contracción de la mezcla durante el fraguado. Se recomienda su empleo en bases de apoyo de maquinaria, rellenos y resanes.

6. Endurecedores: Son aditivos que aumentan la resistencia al desgaste originado por efectos de impacto y vibraciones. Reducen la formación de polvo.

Agregados Los agregados también llamados áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites estipulados en la Norma Técnica Colombiana NTC174. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen de una mezcla de concreto.

Parámetros de Resistencia del Concreto La resistencia a compresión del concreto varía según los siguientes parámetros:

- **La relación agua-cemento (a/c):** Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua / cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cementos tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

- **Tamaño máximo del agregado:** El tamaño del agregado a elegir para el diseño de una mezcla de concreto se basará en el tamaño y forma del elemento de concreto.

- **Condiciones de humedad durante el curado:** El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a Edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada. Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto no pueden reaccionar para formar un producto de calidad.

- **Edad del concreto:** El tiempo de curado del concreto es fundamental para garantizar que se eviten problemas en la resistencia proyectada del concreto, el tiempo óptimo está considerado en 28 días.

- **Cantidad aditivo:** El porcentaje de aditivo a agregar a la mezcla será relativo.

Proceso de producción del Icopor: “El poliestireno expandido es un polímero resultado de la polimerización del etileno, se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200.000 y 500.000, pero puede ser mayor. Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Es más duro, fuerte y un poco más pesado que el de baja densidad, pero es menos dúctil. El poliestireno con peso molecular entre 3.000.000 y 6.000.000 es el que se denomina UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene). Con este material se producen fibras, tan fuertes, que pueden utilizarse para fabricar chalecos a prueba de balas” 13. Existen tres procesos comerciales importantes empleados en la polimerización del HDPE: los procesos en disolución, en suspensión y en fase gaseosa.

“Un sistema en polietileno ofrece una cantidad importante de ventajas sobre los sistemas convencionales como las pérdidas de carga por fricción mínimas, no es atacada en ninguna forma por la corrosión, ausencia de sedimentos e incrustaciones en su interior, flexibilidad, elasticidad, no mantiene deformaciones permanentes, peso reducido, longitudes mayores, lo cual reduce el número de uniones (menor costo) y reduce las posibilidades de fallas humanas en la instalación, fácil de transportar, larga vida útil, menor costo de adquisición e instalación, resistente a movimientos sísmicos, resistencia mecánica y ductilidad y resistente a bacterias y químicos

Dosificación de mezclas de concreto¹⁴:

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que se habrá de emplear.

Para encontrar las proporciones más apropiadas, será necesario preparar varias mezclas de prueba, las cuales se calcularán tomando como base las propiedades de los materiales y la aplicación de leyes o principios básicos establecidos.

Los datos básicos para la dosificación son los siguientes: Características de los materiales disponibles (partiendo de una buena calidad, deben cumplir especificaciones de normas NTC), basados en ensayos de laboratorio

(normas NTC):

-Cemento: Densidad, Masa unitaria suelta

- Agua: Densidad.

- Agregados: Análisis granulométricos de los agregados incluyendo el cálculo del módulo de finura, tamaño máximo nominal (según el árido), densidad aparente seca y porcentaje de absorción de los agregados, porcentaje de humedad de los agregados, masas unitarias sueltas.

- Aditivos: Densidad, características geométricas.

5.1 Marco normativo

La investigación está apoyada en las siguientes normas:

- La resistencia para el concreto estructural, así como sus demás parámetros requeridos en Colombia se encuentran estipulados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

-EL procedimiento a seguir en la elaboración de mezclas y toma de muestras para la realización de cilindros de concreto está estipulado en la norma Icontec N° 550.

-Las especificaciones acerca de la realización del ensayo de compresión para concretos se encuentran en la norma Icontec N° 673.

-Las especificaciones para la realización de los ensayos correspondientes a materiales se encuentran en la norma STC-CMT.2.1.

6. Poliestireno expandido

El Poliestireno Expandido se define técnicamente como un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

El Poliestireno Expandido es un polímero en forma de perlas esféricas, obtenido a partir del estireno y un agente de expansión llamado pentano. Este polímero, después de pasar por los procesos de expansión, maduración y moldeo, se convierte en los productos que se aplican en la construcción.

Este material es constituido por células cerradas y llenas de aire, este hecho lo convierte en un óptimo aislante térmico, A partir del Poliestireno Expandido se da solución de aislamiento a ruido de impacto en suelos y aislamiento a ruido aéreo en muros. Construido de una doble microestructura en el interior de un entramado de tipo de nido de abeja, Está compuesto de un 98 por ciento de aire, propiedad que lo convierte en un material sumamente ligero. Es un material perenne e imputrescible, no enmohece y no se descompone, por lo que se puede decir que conserva sus propiedades con el tiempo. No tienen ningún tipo de influencia medioambiental, ni representa amenaza para las aguas.

6.1 Propiedades físicas y químicas del poliestireno expandido

6.1.1 Propiedades físicas:

Son las que hacen diferentes a los demás materiales, siendo los encargados de la versatilidad de este material, lo que ha hecho que el Poliestireno Expandido sea utilizado en una gran cantidad de actividades y ocupaciones que realiza el ser humano:

Aislación térmica: La propiedad física más importante del Poliestireno Expandido es su extraordinaria capacidad de aislación térmica contra el frío y el calor. Las celdillas que lo conforman poseen la forma de poliedros totalmente cerrados, de diámetros entre 0,2 y 0,5 milímetros y un espesor de pared de 0,001 milímetros.

El material expandido está constituido por un 98 por ciento de aire y un 2 por ciento de poliestireno, El aire aprisionado es factor fundamental para mantener la capacidad de aislación, cuyo extraordinario efecto aislante es ampliamente conocido.

El aire permanece encerrado en las celdillas, ayudando que la capacidad aislante permanezca invariable en función del tiempo. La capacidad de aislación térmica de un material se realiza mediante el coeficiente de conductividad térmica, cantidad de calor que pasa en una hora a través de una capa de material de 1 metros cuadrados de superficie y 1 metro de espesor en un régimen de flujo térmico constante. De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad: por ejemplo, cuando se utiliza como material aislante de los diferentes cerramientos de los edificios o en el campo del envase y embalaje de alimentos frescos y perecederos como por ejemplo las familiares cajas de pescado.

Aislamiento acústico: Respecto al comportamiento acústico de estos morteros, apenas existe variación en el coeficiente de absorción a incidencia normal, independientemente del porcentaje y el tipo de EPS.

El valor de este coeficiente para estos morteros oscila en torno a cero, valores que no se modifican al emplear aditivos. Estos resultados confirman que son materiales muy poco absorbentes.

Resistencia mecánica: Una propiedad importante para el Poliestireno Expandido es su resistencia mecánica bajo esfuerzos de corta y larga duración, mediante la resistencia a compresión. Dado que el Poliestireno Expandido pertenece a los materiales rígidos tenaces, se indica la tensión por compresión, a una determinada deformación en lugar de la resistencia a la compresión.

Absorción de agua: Al contrario de muchos otros materiales de construcción, el Poliestireno Expandido no es higroscópico. Este material absorbe solamente una pequeña cantidad de humedad. Los valores medidos corresponden a probetas sin piel de moldeo que permanecen sumergidos en agua.

Comportamiento frente a las temperaturas: Para la aplicación del Poliestireno Expandido en la construcción, no existe ninguna limitación con respecto a la temperatura mínima. En los casos donde existe la posibilidad de que se produzcan contracciones volumétricas de origen térmico éstas deben tenerse presente en la etapa de diseño. Cuando permanece expuesto a la acción de temperaturas más elevadas, entonces la temperatura máxima admisible dependerá de la duración de esta acción y de la sollicitación mecánica a la que sea sometido el material. En el caso de una acción térmica de corta duración, hasta un máximo de treinta minutos, el material puede ser sometido a temperaturas no superiores a 100 grados centígrados sin sufrir alteración alguna

Comportamiento ante el fuego: Dependiendo de su densidad el hormigón alivianado con poliestireno expandido EPS tiene mejor desempeño ante el fuego. Algunos experimentos realizados con llama directa han demostrado comportamientos satisfactorios con el fuego. El hormigón alivianado está formado por celdas de mortero que rodean y encapsulan a las perlas o bolitas de poliestireno. Cuando es sometido al fuego, se queman primero las bolitas más cercanas, protegiendo las celdas a las bolitas que se encuentran más hacia el interior, retardando así el efecto del fuego sobre estas. Es interesante experimentar con distintas densidades para obtener distintas reacciones ante el fuego. Siempre es bueno consultar las normativas de construcción de cada país o región respecto a la utilización del hormigón alivianado con poliestireno expandido

Efecto del tamaño de partículas de poliestireno expandido: La densidad es uno de los parámetros importantes que pueden controlar muchas propiedades físicas de hormigón ligero y es controlado principalmente por la cantidad y la densidad de áridos ligeros. Los estudios anteriores indican que la densidad del hormigón aligerado con EPS disminuye con el aumento en el volumen de EPS agregado y por lo tanto resulta en una disminución en resistencia a la compresión del hormigón. Para proporciones de la mezcla similares, los hormigones aligerados con EPS que contiene un menor tamaño de partículas y a los cuales se les adiciono una cantidad inferior de EPS muestran una mayor resistencia a la tracción indirecta.

6.1.2 Propiedades químicas

El Poliestireno Expandido demuestra una buena resistencia a la mayoría de los materiales de uso común en la construcción, como el cemento, la cal, el yeso, las mezclas y elementos constructivos obtenidos a base de estos aglomerantes. Hay que resaltar, que el material es atacado por los solventes aromáticos, cuando se trata de la aplicación de adhesivos, pinturas, solventes y desmoldantes a base de aceites, de productos derivados del alquitrán, de agentes fluidificantes así como de vapores concentrados de estas sustancias tan usuales en la construcción Implementan prácticas de comercio justo y promueven programas para que los proveedores se conviertan en dueños colectivos de la sociedad, con el fin de ayudar a estos para salir de la pobreza.

7. Hormigones o morteros livianos

El Poliestireno Expandido, puede emplearse dentro de las dosificaciones de concretos y morteros, en forma de perlas, dentro de las mezclas realiza una función de aligerante

El hormigón alivianado es un material con ventajas interesantes en cuanto a aislaciones, tanto como aislante térmico y también acústico. El hormigón alivianado con poliestireno expandido, también conocido como concreto liviano EPS, o concreto ultraliviano EPS, se fabrica a partir de cemento, arena, perlas, pelotitas o bolitas de poliestireno expandido EPS, más aditivos para facilitar la mezcla del poliestireno con el mortero de cemento y arena. El poliestireno expandido en perlas o bolitas cuesta mezclarlo con el mortero, es por eso por lo que se aditiva. Algunas marcas de poliestireno expandido EPS vienen ya preparadas de fábrica para evitar el problema del mezclado. El hormigón alivianado se puede verter en encofrados o moldes para obtener diversas formas. También se utilizan grandes moldes cúbicos para luego cortarlos una vez secos en bloques más pequeños. Estos bloques más pequeños suelen ser cortados con mucha precisión, lo que facilita su colocación y ahorro de mezcla, mortero, o pegamento. El hormigón alivianado con poliestireno expandido, concreto liviano, o concreto ultraliviano se fabrica con distintas densidades de acuerdo al uso destinado. Se utiliza en forma de bloques o vertidos en encofrados para realizar tabiques y paredes. Otro uso frecuente es como relleno de losas de hormigón, pendientes y rellenos en azoteas. Es muy bueno como aislante térmico en azoteas y paredes externas.

8. Ventajas

- Poco peso: El poliestireno expandido contiene hasta un 98.5% de su volumen en aire.
- Células Cerradas: 1 cm³ de poliestireno expandido contiene de 3 a 6 millones de celdillas llenas de aire.
- Estanqueidad: Por estar sus células cerradas, este material absorbe sólo cantidades minúsculas de agua líquida.
- Bajo coeficiente de conductividad térmica: El aire en reposo dentro de las celdillas cerradas es muy mal conductor del calor; ello, junto a la baja conductividad térmica del material básico, da un coeficiente de conductividad térmica muy bajo para el conjunto.
- Buena resistencia mecánica y ausencia de fragilidad.
- Adecuada resistencia al esfuerzo cortante.
- Poca inflamabilidad. El poliestireno expandido es dañado por los solventes que contienen algunos asfaltos, por ciertos barnices y diluyentes, así como por la bencina, por los carburantes que contienen benceno, tetracloruro de carbono, entre otros.
- -el EPS no se ve afectado por el agua/humedad tras su inmersión y que no se produce difusión en el material.
- Puede soportar cargas mecánicas gracias a su especial estructura de celdas.
- Es muy duradero y no se deteriora con el transcurso del tiempo.
- Es un producto "mono material", es decir, consta de un solo material, lo que supone una gran ventaja a la hora de su reciclaje.
- Es un material inocuo para las aguas subterráneas ya que no desprende ninguna sustancia.

- -Capacidad de absorción de los impactos.
- Estable mecánicamente a corto y largo plazo.
- El EPS tiene un rango de resistencia a la compresión entre 3.5 y 4.5 Mpa
- Es reutilizable en su totalidad. (Anape, 2014) (Molina, 2013)

Así mismo, las desventajas que rodean al EPS son:

- Para obtenerlo se usan recursos naturales no renovables (derivados del petróleo).
- No es biodegradable (un vaso de “icopor” en un relleno sanitario toma miles de años en degradarse).
- La incineración sin control genera graves problemas de contaminación y salud. (Molina, 2013)

9. Metodología

Se Realizo una búsqueda sistemática de bibliografía en las bases de datos: ScienceDirect, Elsevier; Patentes, Repositorios académicos, los criterios de inclusión fueron artículos científicos, artículos de revista, tesis y patentes publicados en español e inglés entre enero del 2010 y junio de 2021 , los artículos se seleccionaron en base a sus títulos y a su resumen como técnica exploratoria y analítica para la recolección de información relevante sobre el uso de poliestireno expandido como agregado al concreto. Las palabras claves para buscar en la base de datos fueron: Poliestireno expandido, concretos modificados, resistencia a la compresión, concretos con aditivos, agregado fino, agregado grueso, se sintetizó la información más relevante dejando 10 artículos para analizar en el trabajo.

10. Resultados y análisis

1. Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales por el Ing. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ. 2015 UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA.

Para el desarrollo de la investigación se realizaron cuatro mezclas de concreto empleando el mismo diseño de mezcla, integrando una variación en el porcentaje de poliestireno expandido que se incorporara a las mismas.

La mezcla se realizó de manera manual; siendo importante garantizar la homogeneidad mientras se agregan los materiales de las mezclas. Se vierte el cemento sobre una superficie plana, y sobre este se le agrega la arena; se procede a mezclar la grava, seguidamente se agrega la cantidad de agua calculada para la mezcla y por último se anexa el icopor a la mezcla

Día	Muestra 0 %	Muestra 3%	Muestra 6%	Muestra 9%
7	54.09	52.04	39.36	44.88
14	68.50	67.12	60.39	59.91
28	98.79	95.84	77.20	66.72

De los resultados obtenidos se puede apreciar que a mayor contenido de icopor en la mezcla de concreto se presenta una menor resistencia a la compresión.

2. Concreto hidráulico modificado con poliestireno expandido por el Ing. JUAN DAVID PEÑA QUINCHÍA 2016 UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

El incluir y posteriormente aumentar porcentaje de icopor como remplazo de agregado grueso a las mezclas, significó una disminución de peso unitario 87 (concreto más liviano); no obstante, los valores obtenidos estuvieron entre 2.463 kg/m³ (concreto convencional - 0% de icopor) y 2.110 kg/m³ (concreto modificado – 15% icopor de reemplazo). Sin embargo, según la Nota 7 de la norma INV. E-410-13, estos concretos son de peso normal. Luego de los respectivos análisis realizados a los especímenes de concreto modificado con icopor, se concluye que la adición de este material en cantidades del (5, 10 y 15%) al concreto convencional con materiales del río Coello – Tolima, garantiza a los 28 días de curado, el 100% de la resistencia requerida a compresión, específicamente para diseños de mezcla con ($f'c$) de 2500 psi, 3000 psi, 3500 psi, 4000 psi, 4500 psi. Por tal motivo, el concreto modificado con poliestireno expandido (icopor), es apto y cumple con los estándares establecidos por la (NSR-10), para la construcción de elementos estructurales que sean sometidos a cargas axiales, tales como: columnas, pilotes, pilares, dovelas de mampostería estructural, pantallas estructurales, entre otros. Además, los elementos no estructurales que pueden ser contruidos de concreto modificado son: columnetas de muros divisorios y exteriores en mampostería no estructural (que no soporten cargas). Por otro lado, la utilización del concreto modificado con poliestireno expandido (icopor) según la investigación es solo apta para elementos estructurales horizontales que hayan sido diseñados con ($f'c$) de 2500 psi y 3000 psi, y la mezcla de los materiales (cemento, arena, grava-icopor y agua) debe efectuarse con las proporciones

que indica el diseño de mezcla (según método ACI 211.1). Las demás resistencias (3500 psi, 4000 psi, 4500 psi) no alcanzaron un 100% de la resistencia de diseño en los ensayos de laboratorio (ver tabla N°42). Los elementos estructurales que pueden ser construidos de concreto modificado con icopor son: vigas, losas macizas, losas aligeradas en una dirección y dos direcciones; y algunos elementos no estructurales son: bordillos, andenes, placa huellas, dinteles de ventanería y puertas.

3. Concreto liviano a base de poliestireno expandido por el Ing. HUGO

EMMANUEL RODRÍGUEZ CHICO.2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Perú.

Se verificó que los bloques de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido tienen diversas propiedades ventajosas y cumplen a cabalidad los requisitos físicos y mecánicos establecidos en la normativa peruana referente a bloques de concreto, se logró diseñar y elaborar bloques de Concreto Ligero con un peso específico de 1624.36 kg/m^3 , con una resistencia a la compresión de 62.75 kg/cm^2 mayor a 6.00 Mpa resistencia mínima estipulada en la norma NTP 399.600 y NTP 399.602 por lo que puede ser usado tanto como unidad de albañilería no estructural y estructural, puesto que cumplen los requisitos de resistencia. En cuanto a los requisitos de absorción la NTP 399.602 establece como valor máximo 12% y de acuerdo con los resultados de absorción de los bloques ensayados se obtuvo un porcentaje de absorción de 7.70%. Por consiguiente, las propiedades físico – mecánicas del concreto ligero a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural cumplen con las normas peruanas vigentes

MATERIALES	UNID	POR M3	TANDA DE DISEÑO (0.03 M3)	TANDA REAL
CEMENTO	Kg	379.691	11.39	11.39
AGREGADO FINO	Kg	1150.464	34.51	34.51
AGUA	lt	176.708	5.30	5.33
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Kg	37.68	1.13	1.19
A/C		0.47	0.47	

Esta dosificación fue usada para elaborar los bloques de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido

De acuerdo con los resultados obtenidos de todas las dosificaciones estudiadas para cada densidad del Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido, se concluye que la dosificación óptima para lograr las características deseadas del bloque de concreto, fue la denominada CLP-1600 para la densidad aparente de 1600 [kg/m³], con una resistencia a la compresión promedio de 62.75 kg/cm² y un porcentaje de absorción de 7.70.

4. Influencia de fibras tipo pet en las características de resistencia y durabilidad del mortero de cemento hidráulico por la Ing. MARÍA ALEJANDRA RIAÑO BOLAÑOS.2019. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

El diseño de mezcla se realiza teniendo en cuenta la norma NTC 220 elaboración de cubos de mortero de cemento hidráulico y NTC 3937 arena normalizada para ensayos de cemento hidráulico. Para la dosificación de la mezcla de mortero se debe tener en cuenta las propiedades

de los materiales que harán parte de esta; las caracterizaciones realizadas a cada material permiten tener datos necesarios para ello. Según la NTC 220 las proporciones en masa para formar un mortero convencional deben ser de una parte de cemento por 2,75 partes de arena normalizada seca según NTC 3937, la relación agua cemento debe ser de 0,48; para la adición de fibras se tomaron proporciones de 0,25 – 0,50 – 0,75 y 1,0 % respectivamente, dicho porcentaje es respecto a la masa total del cemento a usar.

De acuerdo con los resultados obtenidos, si es posible emplear el plástico tipo PET reciclado en forma de fibra, ya que las características del mortero no se ven afectadas con los porcentajes de adición analizados; debido a lo anterior, se puede considerar que es un método óptimo el cual podría ayudar a reducir la contaminación debida al uso de PET. Según la caracterización realizada se evidencia que el mejor comportamiento se presenta en las muestras analizadas que poseen adición de fibra al 0,50%, aunque la resistencia a la compresión disminuye un 6% aproximadamente para esta adición, en relación con el mortero convencional; los demás parámetros como porosidad, absorción, módulo de elasticidad y penetración de cloruros analizados presentan mejoras comparándolos con el mortero sin adición. •Se evidencio que el coeficiente de difusión a la penetración de cloruros disminuye considerablemente con la adición de fibras, esto indica que este mortero modificado puede tener un mejor comportamiento respecto a la durabilidad con un mortero convencional.

5. Análisis general:

Vidal (2010) en su tesis “Caracterización y evaluación del comportamiento de hormigones livianos, usando como materia prima poliestireno expandido modificado (MEPS)” donde concluye, que, al aumentar la adición de poliestireno, disminuye la resistencia a compresión cerca de un 35% en los porcentajes de 50% y 70% de poliestireno, cabe resaltar, que Vidal (2010) en su tesis, reemplaza el poliestireno por el agregado grueso

V. Ferrándiz, E. García obtuvieron resultados óptimos en sus ensayos, en comparación con los otros autores, esto se debe a que se implementó el uso de aditivo aireante, retenedor de agua y fluidificante en la mezcla. Y. A. Carpio, V. O. Sota obtuvieron resultados iguales a V. Ferrándiz, E. García en sustituciones del 70%.

Rivas (2010) en su tesis “Determinación de la resistencia, densidad aparente y docilidad de un hormigón liviano con 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en volumen de perlas de Aislapol”, indica que reemplaza el agregado grueso por perlas de Aislapol (poliestireno), y también presenta una reducción de la resistencia conforme estos porcentajes aumentan, obteniendo para un 50% de perlas de Aislapol, una reducción del 39.71% con respecto al concreto sin adición de perlas.

J. D. Peña, L. S. Moncaleano, realizaron cinco (5) diseños de mezcla cada uno con diferentes resistencias a la compresión ($F'c$), para los cuales ensayaron tres (3) muestras, al 5%, 10% y 15% de sustitución de agregado grueso por poliestireno. Se observa un ligero aumento en la resistencia a la compresión en sustituciones parciales del 10%, no obstante, en su mayoría las resistencias obtenidas cumplen para los diseños de mezcla.

Lituma y Zhunio (2015) en su tesis “Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón” también reemplazaron distintos

porcentajes de perlas de poliestireno por el agregado fino, obteniendo una resistencia promedio de 234 kg/**cm²** para un porcentaje del 60% de perlas de poliestireno

11. Conclusiones

El beneficio principal del poliestireno expandido en la elaboración de concretos modificados, es la reutilización de este, esto conlleva a una mitigación de ese impacto ambiental negativo generado por la mala disposición de estos residuos, debido a que la degradación de este material es a largo plazo y esto representa un deterioro al medio ambiente y a los ecosistemas.

El reciclaje del poliestireno expandido dentro de los grandes beneficios que nos brinda es disminuir el volumen de desechos vertidos a rellenos sanitarios urbanos y suburbanos, aspecto que aporta a la NO contaminación del aire, e indirectamente esto hace que la calidad de vida de las personas que residen y circundan estas zonas mejore. Toda idea que esté relacionada con el reciclaje y que brinde un beneficio medioambiental, debe rescatarse, estudiarse y materializarse.

De la revisión y análisis del estado del arte y del estudio de los resultados obtenidos en cada investigación se puede inferir que la adición de poliestireno expandido modifica las propiedades mecánicas de los concretos, catalogándolo como componente de alta funcionalidad en concretos livianos, proporcionando muchas ventajas al rubro de la construcción.

De acuerdo con el análisis realizado a los resultados de los diversos artículos e investigaciones del concreto modificado con poliestireno expandido como sustitución en diferentes porcentajes de agregado fino y grueso se puede concluir que este material tiene una alta funcionalidad como concreto liviano, es una alternativa de reemplazo de agregados finos y gruesos siempre y cuando se garanticen que las propiedades mecánicas no presentan cambios significativos

Propiedades como la resistencia a la compresión y la densidad reducen sus valores a medida que el porcentaje de perlas de poliestireno aumenta en las mezclas, en diversos artículos e

investigaciones se emplean aditivos como soluciones de propionato de polivinilo, aditivo aireante, retenedor de agua y fluidificante en la mezcla para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto y a su vez se realizan tratamientos químicos y térmicos que mejoran las propiedades del poliestireno permitiendo la obtención de un concreto con optimas propiedades, técnicamente apropiados para la elaboración de elementos no estructurales y estructurales

Estudios en los que no se emplean aditivos y el tratamiento de las perlas de poliestireno es nulo, presentan resultados con valores alejados de la resistencia de diseño y disminución significativa en la densidad.

Por otro lado, la utilización del concreto modificado con poliestireno expandido (icopor) según la investigación es solo apta para elementos estructurales horizontales que hayan sido diseñados con ($f'c$) de 2500 psi y 3000 psi, Las demás resistencias (3500 psi, 4000 psi, 4500 psi) no alcanzaron un 100% de la resistencia de diseño en los ensayos de laboratorio.

Los elementos estructurales que pueden ser construidos de concreto modificado con icopor son: vigas, losas macizas, losas aligeradas en una dirección y dos direcciones; y algunos elementos no estructurales son: bordillos, andenes, placa huellas, dinteles de ventanería y puertas.

12. Bibliografía

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. (10 de 10 de 2018). Propiedades del EPS.

Obtenido de Ficha 73: Recuperado de <http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>

Arellano, D. (2005). Guidelines for the use of expanded polystyrene (EPS)-block geofoam for the function of lightweight fill in road embankment projects. United States: University of Illinois at Urbana-Champaign.

Bernal, J. A. (14 de 01 de 2009). El Agua del concreto. Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://elconcreto.blogspot.com.co/2009/01/el-agua-delconcreto.html>

Giraldo Bolívar, O. (1991). Control de calidad y uso de aditivos químicos en el hormigón. Colombia: UNAL-Medellín

González Madariaga, F. J. (2005). Caracterización de mezcla de residuos de Poliestireno Expandido (EPS) conglomerados con Yeso o Escayola, su uso en la Construcción. (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Guzmán, D. S. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Santafé de Bogotá, DC. - Colombia.: BHANDAR EDITORES LTDA.

Juan Guillermo León. (2013). Diseño, fabricación y ensayo de una losa unidireccional de hormigón liviano con poliestireno expandido reciclado modificado para fines habitacionales. Valdivia

Lingwall, B. N. (2011). Development of an expanded polystyrene geofoam cover system for pipelines at fault crossings. United States - Ann Arbor: DAI-B 72/07, Dissertation

Abstracts International. Matthew Trussoni, C. D. (Septiembre - Octubre, 2013.). Fracture Properties of Concrete Containing Expanded. ACI MATERIALS JOURNAL, 549 - 557.

Molina, F. J. (2013). Evaluación del comportamiento del concreto con desechos de icopor.

BOGOTÁ: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO.

Rivera L. Gerardo A, Concreto simple - Dosificación de mezclas de concreto

Sanchez De Guzman, Diego; Tecnología del concreto: Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas - Tomo 1; Ascretos (2005). 214 p.

Tang, W.C.; Lo, Y.; Nadeem, A., “Mechanical and drying shrinkage properties of structural graded polystyrene aggregate concrete”, en Cement&ConcreteComposites, 30 (2008), 403–409.

Zuluaga Molina, J. Z. (2013). Evaluación del comportamiento del concreto elaborado con desechos de icopor. (Tesis de postgrado), Escuela Colombiana de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.