



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE PORCENTAJES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 20%, 35%, 50% Y 65% EN EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EVALUADOS A COMPRESIÓN.

Tesis para Optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil

Autor:
Oscar Zevallos Torres

Asesor:
Msc. Saulo Gallo Portocarrero

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

A mi madre, que constantemente me apoyó en
diversas etapas de mi vida con su dedicación y
consejos educativos para la obtención de mis
objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la comunidad de la Universidad Privada del Norte, profesores y compañeros de estudio, por formar parte de nuestros logros individuales en lo académico y personal...

Así mismo, agradezco al asesor Msc. Saulo Gallo Portocarrero, por las asesorías y recomendaciones hechas para el desarrollo de la presente Tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | 4 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 9 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 10 |
| RESUMEN..... | 11 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Realidad problemática | 13 |
| 1.2. Antecedentes de la investigación | 19 |
| 1.3. Bases teóricas..... | 24 |
| 1.3.1 Concreto u hormigón tradicional..... | 24 |
| 1.3.2 Componentes y complementos del concreto..... | 24 |
| 1.3.2.1 Cemento portland..... | 24 |
| 1.3.2.2 Agregados..... | 26 |
| 1.3.2.3 Agua..... | 26 |
| 1.3.2.4 Densidad del concreto liviano..... | 26 |
| 1.3.2.5 Trabajabilidad del concreto | 27 |
| 1.3.3 Concreto liviano con perlas de poliestireno | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 1.3.3.1 Propiedades y Características | 27 |
| 1.3.3.2 Dosificación de mezcla | 27 |
| 1.3.4. Poliestireno Expandido | 28 |
| 1.4. Formulación del problema | 30 |
| 1.5. Objetivos | 30 |
| 1.5.1. Objetivo general | 30 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 30 |
| 1.5. Hipótesis..... | 30 |
| 1.5.1. Hipótesis general | 30 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 31 |
| 2.1. Tipo de investigación | 31 |
| 2.1.1. Por el propósito | 31 |
| 2.1.2. Según el diseño de investigación: La investigación es de tipo experimental..... | 31 |
| 2.2 Diseño de investigación: | 31 |
| 2.3. Variables | 31 |
| 2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) | 36 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos | 39 |
| 2.3.1 Técnica de recolección de datos..... | 39 |
| 2.3.1.1. Observación | 39 |
| 2.3.1.2. Revisión documental..... | 39 |
| 2.3.2. Instrumento de recolección de datos | 39 |
| 2.3.2.1. Para la observación | 39 |

| | |
|---|-----------|
| - Observación directa | 39 |
| - Entrevista | 40 |
| - Cuestionario..... | 40 |
| 2.3.2.2 Para revisión documental | 40 |
| - Análisis de documentos | 40 |
| - Análisis de normas | 40 |
| - Fotografías y diapositivas | 40 |
| - Grabaciones en audio y video..... | 40 |
| Los instrumentos a utilizar serán del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Privada del Norte. | |
| | 40 |
| 2.4. Procedimiento de recolección, tratamiento y análisis de datos | 42 |
| 2.4.1. Adquisición y ensayo de materiales..... | 43 |
| 2.4.2. Procedimiento de diseño de mezcla..... | 45 |
| 2.4.2.2 Documentación gráfica de la elaboración de los testigos de concreto liviano | 69 |
| 2.4.2.3 Documentación gráfica del ensayo de resistencia de especímenes en laboratorio de la Universidad Privada del Norte, Lima-Breña. | 73 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 46 |
| 3.1 Peso seco de especímenes con poliestireno y cilindros patrones..... | 46 |
| 3.2 Análisis de absorción de las muestras | 48 |
| 3.3 Resistencia a la compresión de las muestras | 51 |
| 3.4 Resultados de cálculo de la reducción en carga muerta empleando unidades de albañilería con agregado de poliestireno expandido..... | 71 |

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES..... | 62 |
| REFERENCIAS..... | 66 |
| ANEXOS..... | 68 |
| ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS | 80 |
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS..... | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Cementos peruanos | 25 |
| Tabla 2 Densidad y resistencia del concreto con perlas de poliestireno | 32 |
| Tabla 3 Diseño de mezcla para concreto con poliestireno..... | 33 |
| Tabla 4 Variable Independiente | 33 |
| Tabla 5 Variable Dependientes | 38 |
| Tabla 6 Tabla resumen de diseño cuasiexperimental | 46 |
| Tabla 7 Cuadro resumen de cantidad de probetas a elaborar..... | 46 |
| Tabla 8 Peso de testigos con 20% de poliestireno expandido | 46 |
| Tabla 9 Peso de testigos con 35% de poliestireno expandido | 47 |
| Tabla 10 Peso de testigos con 50% de poliestireno expandido | 47 |
| Tabla 11 Peso de testigos con 65% de poliestireno expandido | 47 |
| Tabla 12 Promedio de concreto patrón | 48 |
| Tabla 13 Promedio de pesos con agregado de poliestireno y concreto patrón | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1.</i> Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia)..... | 36 |
| <i>Figura 2.</i> Probeta prismática (Fuente: Elaboración Propia) | 48 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| <i>Ecuación 1.</i> Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia)..... | 27 |
| <i>Ecuación 2.</i> Probeta prismática (Fuente: Elaboración Propia)..... | 28 |

RESUMEN

La presente investigación muestra los procesos y procedimientos necesarios para la obtención de un concreto liviano (a base de adición de porcentajes de poliestireno), para la obtención de unidades de albañilería que cumplan con los requerimientos mínimos de las normas para muros no portantes. Los resultados demuestran la posibilidad de uso de dicho concreto con beneficio en la reducción del peso en edificaciones, generando la posibilidad de diseños más eficientes a nivel estructural.

Se ha considerado la evaluación de un concreto con agregado liviano (poliestireno expandido) en porcentajes de 20%, 35%, 50% y 65%, evaluado en su peso, nivel de absorción y resistencia a la compresión frente al concreto convencional. Se ha empleado diferentes porcentajes (15% de diferencia) en la elaboración de concreto liviano con la finalidad de analizar el porcentaje máximo posible a emplear. Los resultados mostraron que de todos los porcentajes de agregado liviano empleados, los porcentajes de 20% y 35% cumplen con los requisitos mínimos de resistencia, mientras que los de 50% y 65% comprometen sus resistencias severamente.

No se ha determinado la forma, ni dimensiones específicas de las unidades de albañilería a emplear para este concreto, sin embargo, para el análisis de la eficiencia en carga muerta en muros no portantes, se comparó con bloques de concreto de 2 huecos, cuya dimensión es de 15cm (ancho) x 20 cm (alto) x 40 cm (profundidad) y su peso promedio es de 13 kg.

ABSTRACT

This research shows the processes and procedures necessary to obtain a lightweight concrete (based on the addition of polystyrene percentages), to obtain masonry units that meet the minimum requirements of the standards for non-bearing walls. The results demonstrate the possibility of using said concrete with benefit in reducing the weight in buildings, generating the possibility of more efficient designs at a structural level.

The evaluation of a concrete with light aggregate (expanded polystyrene) has been considered in percentages of 20%, 35%, 50% and 65%, evaluated in its weight, level of absorption and resistance to compression compared to conventional concrete. Different percentages (15% difference) have been used in the preparation of lightweight concrete in order to analyze the maximum possible percentage to use. The results showed that of all the light aggregate percentages used, the percentages of 20% and 35% meet the minimum strength requirements, while those of 50% and 65% severely compromise their strengths.

The shape or specific dimensions of the masonry units to be used for this concrete have not been determined, however for the analysis of dead load efficiency in non-bearing walls, it was compared with 2-hole concrete blocks, whose dimension is 15cm (width) x 20 cm (height) x 40 cm (depth) and its average weight is 13 kg.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Uno de los principales motivos por los cuales se plantean materiales alternativos a la construcción, es el de influir en el peso de la carga muerta en las edificaciones, diseñando un compuesto de concreto liviano sin alterar los volúmenes o dimensiones que poseen las unidades de albañilería tradicional, así mismo deben estar dotados de resistencia a la compresión, debe ser posible dotarlos de buen acabado y/o durabilidad; sin embargo, la necesidad de contar con edificaciones que soporten mayores niveles de entrepiso también exigen aumentar el dimensionamiento en concreto y refuerzo a dicha edificación, motivo por el cual el autor de la presente tiene por interés presentar este tema tomando en consideración investigaciones semejante en diseños de concreto liviano.

A nivel mundial.

En España por ejemplo comúnmente lo denominan hormigón ligero, país en el que ya existe una industria bien posicionada en la elaboración de prefabricados en base a este material, buscando las principales ventajas del mismo como son la baja densidad, elevado aislamiento térmico y acústico. (Bazán, 2018).

En Rusia, el empleo de concreto liviano está ampliamente desarrollado, desde la industria manufacturera de prefabricados hasta por quienes ejecutan obras de reducida envergadura. En este país la tendencia es hacia concretos ligeros celulares o a base de agregados expandidos, obteniéndose diversos tipos de concretos livianos con resultados favorables. (Paiva, 2017)

En Estados Unidos, hay una vasta experiencia en concreto livianos e industrialización del mismo, un ejemplo es el empleo de la arcilla expandida, producida por la acción de cocción en hornos rotativos, hasta alcanzar un estado pirolástico a temperaturas superiores a 1120 ° C. el producto obtenido es una estructura celular encerrada por una corteza ceramizada muy resistente. Este material sustituye en forma directa al canto rodado, piedra triturada y las arenas con un 30% menos de peso que los obtenidos con agregados tradicionales. (Huerta, 2016).

A nivel nacional.

El Perú, no es ajeno al empleo de materiales livianos en el diseño de concretos, existen muchas investigaciones sobre agregados alternativos de baja densidad sin embargo, el uso de este actualmente es en gran medida al uso no estructural y aún en proceso de consolidación en la industria de la construcción. La NTP 399.600:2017 sobre unidades de albañilería, menciona literalmente “Los bloques materia de la presente NTP son fabricados con agregados de peso normal o liviano o ambos”. Instituto Nacional de Calidad (Inacal, 2018).

Actualmente en Lima, ya existen empresas que brindan soluciones en concreto liviano, principalmente con aditivos industriales, sin embargo, una de las desventajas más importantes es el costo beneficio al emplearlas, y está orientada sobre todo a obras de elevados presupuestos que requieran el uso de elementos estructurales y no estructurales livianos.

La variable dependiente (diseño de concreto liviano) es controlada por la adición en porcentajes variables de poliestireno expandido. Dichos porcentajes son 20%, 35%, 50% y 65% en reemplazo del volumen de arena gruesa necesaria para el volumen total de 81.07 cm² que poseen los especímenes ensayados.

Barba y García (2018) en su estudio sobre diseño de mezclas con perlitas de poliestireno, en relación a los costos, concluyen que los concretos livianos con perla de poliestireno cuentan con una diferencia importante frente al costo de producción de arcilla expandida por m³, debido principalmente al costo que demanda la producción de dicha arcilla.

Lituma y Zhunio (2015) en su estudio sobre el peso y la resistencia a compresión del hormigón con poliestireno expandido, sostienen que los hormigones aligerados con EPS (del inglés expanded polystyrene) son una alternativa viable para que este material sea usado en elementos no estructurales, como tabiquerías, paneles divisorios y otros que no estén diseñados a cargas axiales como por ejemplo material de relleno. Los autores consideran también que es una alternativa para hormigón estructural para construcciones de viviendas de hasta dos niveles con luces reducidas o proyectos de vivienda social.

Almeida (2014) en su estudio sobre el uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes, encontró una variación significativa entre dos terraplenes bajo estudio, el primero con materiales convencionales y el segundo con bloques de poliestireno, obteniendo como resultados una disminución de asentamiento en alrededor del 65 % - 70 % en el segundo caso.

El autor de la presente investigación, después de revisar los estudios previos vinculados con el tema en referencia, considera que en todos los casos los resultados fueron aceptables, en relación al peso, resistencia y costo empleando el poliestireno expandido como sustituto de agregados pétreos tradicionales. Por lo que considera que el empleo de dicho material es una alternativa viable sobre todo para elementos no estructurales en las edificaciones.

A nivel comercial.

CEMEX S.A.B. DE C.V. concretera mexicana fundada en 1906, es una de las más importantes de América, y con participación en el mercado estadounidense y europeo, dentro de su gama de producción está el concreto liviano, principalmente para mejorar la eficiencia energética de los edificios, generando encofrados aislantes del medio ambiente externo. La compañía recomienda el uso de estos materiales para construcción rápida y ligera, y para diseños que requieran flexibilidad estructural y aislamiento térmico. (Cemex Mexico, 2019).

CONCRECELL S.R.L., es una empresa argentina dedicada a la elaboración de unidades de albañilería en concreto celular, dedicada a la producción y la construcción con este tipo de material. Sus productos están enfocados además de la reducción a la densidad, a la resistencia térmica, la acústica, la durabilidad, reducida absorción de agua y a la capacidad estructural. (Concrecell, 2019).

En el ámbito de la construcción, la elaboración de materiales de construcción posee otro gran problema, y es la forma en como estos son fabricados, ya que si no siguen un proceso exhaustivo de calidad, estos simplemente servirán para edificaciones de bajo control técnico, lo que generará naturalmente una mala calidad constructiva, al no cumplir con los estándares mínimos requeridos por la normas técnicas peruanas (NTP). Como ejemplo, los bloques de cemento (llamados también bloquetas en algunas regiones del país) elaborados artesanalmente, sin contar con asistencia técnica ni con la maquinaria necesaria para obtener unidades de albañilería de calidad.

Uno de los principales motivos por los cuales se plantean materiales alternativos a la construcción, es el de reducir los costes de sus componentes sin alterar su calidad, entiéndase por esta a su resistencia a fuerzas externas, acabado y/o durabilidad; sin embargo, la necesidad de contar con edificaciones que soporten mayores niveles de entrepiso también exigen la reducción del peso muerto de las estructuras o elementos no estructurales.

Las principales características del poliestireno expandido son la baja conductividad acústica y térmica, debido a que la estructura molecular permite la no transmisibilidad de ruido ni conductividad de calor, en el primer caso, las ondas sonoras al impactar sobre el material, este absorben la energía de dicha onda atenuándola, a diferencia de una superficie rígida que transmite la onda por impacto, en el segundo caso (térmica) la resistencia a la conductividad es alta tanto del frío y del calor. Motivos por los cuales, la convierten en una buena alternativa para el empleo de unidades de albañilería en zonas con alto impacto sonoro y lugares con temperaturas reducidas.

El concreto liviano o de baja densidad se fabrica en varios países, como mezcla de cemento, arena y un agregado liviano como poliestireno expandido (tecknopor), que le da la característica de ligereza a la mezcla. Los bloques de concreto convencionales son utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. (Rodríguez Chico 2017).

A nivel personal.

La presente investigación, se enfocó en encontrar valores de resistencia a la compresión y flexión del concreto liviano, en distintos porcentajes de poliestireno expandido como sustituto de agregados pétreos. Para ello se obtuvo una determinada cantidad de muestras y ensayos posibles para conocer la influencia que tiene este material sobre el concreto, y de esa forma tomar en consideración el uso posible del material resultante según dosificaciones y resultados de laboratorio.

La investigación contempla la consideración de diversas normas técnicas, entre la que destaca la NTP 399.600:2017, que hace mención explícitamente a los bloques de concreto para usos no estructurales, la misma que establece los requisitos de que deben cumplir los bloques de concreto sólidos o huecos, elaborados con cemento Portland, agua, y agregados, con o sin la inclusión de otros materiales, empleados en muros y tabiques interiores o exteriores y que no deberán resistir cargas. (INACAL 2018).

La presente investigación busca analizar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto con agregados livianos, específicamente con perlas de poliestireno expandido para encontrar un diseño de concreto liviano que permita la elaboración de unidades de albañilería no estructurales.

1.2. Antecedentes de la investigación

“Aplicación del Poliestireno Expandido en la Fabricación de Unidades de Concreto Liviano para Muros de Tabiquería en la Ciudad de Arequipa”

(Naiza Ramírez, Gonzalo Renato, 2018). Fabricar unidades de poliestireno expandido (EPS) con la finalidad de efectuar o reemplazar unidades de tabiquería las cuales dentro de la composición del mismo concreto liviano favorece a su baja densidad y baja conductividad térmica, Actualmente, diversas universidades, institutos técnicos y comités internacionales vienen estudiando la evolución de este material, asegurando una mejora en la calidad, productividad y desarrollo de la industria de la ingeniería dentro del ámbito de la construcción. La metodología empleada es el empirismo, que partió de 3 dosificaciones por volumen de baldes de un galón, buscando proporciones indicada la cual se enfoca en la aplicación del concreto liviano con perlas de poliestireno expandido para muros no estructurales en la ciudad de Arequipa, haciéndolo uno de los materiales con mayor demanda en dichos campos de la ingeniería. Al realizar los diferentes ensayos de mezclas, se usó la más óptima para poder utilizar el poliestireno expandido (EPS), se utilizó una muestra representativa de los diferentes vaciados que fue sometida al “método de ensayo a la compresión” y de esta forma para poder elaborar nuestras unidades de concreto liviano para evaluar los diferentes parámetro de comparación a la dosificaciones llegando a la más óptima para fabricar unidades de concreto. Finalmente se realizó los diseños a 15 kg/cm², 20 kg/cm² y a 25 kg/cm² basados en la norma de albañilería E 0.70 en los resultados obtenido de tal forma que el uso de materiales y costos son adecuado para la fabricación de unidades de concreto liviano.

“Estudio Exploratorio En Diseño De Mezclas Del Concreto Cemento-Arena Liviano

Empleando Perlitas De Poliestireno, Arcilla Expandida Y Agregado Fino De La Cantera

Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

(Barba, 2018). Encontrar diseños óptimos para la elaboración de concretos livianos: Espuma de concreto, Concreto liviano no estructural y Concreto estructural de baja densidad; a base de poliestireno expandido o arcilla expandida. Los cuales cumplan con las densidades y resistencia a la compresión establecidas por el “Portland Cement Association” para ser considerados concretos livianos. La metodología empleada se divide en 3 Fases: Fase Observar las características de los materiales; en el cual se encontraron las propiedades físicas de los agregados involucrados como agregado fino, perla de poliestireno y arcilla expandida. Fase exploratoria; en el cual se realizaron diseños exploratorios al no existir antecedentes de investigación que involucraran los materiales con la arena de nuestra zona. En esta fase se encontraron las densidades del concreto en estado fresco y la resistencia a la compresión a los 28 días. Fase óptima; en esta fase se eligieron los diseños óptimos de la fase exploratoria; a los cuales se le realizaron ensayos al estado fresco y endurecido. Los resultados de la fase óptima confirman la hipótesis planteada, encontrándose que, los concretos livianos: Espuma de concreto, Concreto liviano no estructural y Concreto estructural de baja densidad; cumplen con las densidades y resistencia a la compresión establecidas por el “Portland Cement Association”. Se concluye que la elaboración de concretos livianos con la arena de nuestra zona brinda una resistencia a la compresión aceptable. Finalmente, se realizó un análisis de costos, en el cual se compararon los costos obtenidos por los concretos livianos: Espuma de concreto, Concreto liviano no estructural y Concreto estructural de baja densidad; con diseños de concreto (cemento-arena) elaborados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú.

Esta tesis posee un aporte interesante encontrándose que los concretos livianos con perla de poliestireno (Espuma de concreto y Concreto liviano no estructural) cuentan con una diferencia mínima en costo por m³. Por el contrario, el concreto liviano con arcilla expandida (Concreto estructural de baja densidad) presenta una diferencia superior en su costo de producción por m³, en gran medida, por no existir producción de arcilla expandida en nuestra zona.

“Diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura- 2018”

(Álvarez, 2019). El proyecto de investigación tuvo como objetivo general Diseñar unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura- 2018. El estudio se trabajó con una población conformada por los diferentes tipos de unidades de albañilería y una muestra constituida por una unidades de albañilería de concreto liviano, diseñando utilizando criterios y requisitos técnicos de diseño de normas técnicas como: NTP 399.604, NTP 399.079, NTP 399.613, NTP 400.037, y ACI 523.3R-14. El diseño de investigación ha sido experimental- transeccional porque se han manipulado deliberadamente las variables: dependiente (unidades de albañilería de concreto liviano) e independiente (poliestireno expandido) y los datos se recogieron en un solo tiempo. Las dimensiones de la unidad de albañilería son las indicadas en la NTP 399.601 y en los ensayos realizados a tales unidades son: Densidad, absorción, peso unitario, esfuerzo a la compresión, variación dimensional, resistencia a la tracción por flexión y alabeo para así posteriormente analizar los resultados conseguidos para el diseño de mezcla de las unidades de albañilería. Luego se comparan los resultados del estudio con las teorías y antecedentes presentadas, finalmente se detallan los principales hallazgos de la investigación.

“Influencia del poliestireno, aditivo incorporador de aire en el comportamiento mecánico del concreto con agregado natural y procesado de la ciudad de Huancané”

(Calderón, 2016). Determinar las propiedades mecánicas del concreto con poliestireno, aditivo incorporador de aire en el concreto, con agregado natural de la cantera Isla-Juliaca y agregado procesado de la cantera Quechaya Huancané. Para ello se han elaborado 42 probetas las cuales se dividieron en 2 grupos”.

“El Primer grupo de 21 briquetas, 03 de ellos con agregado natural, 09 agregando poliestireno en 0.3%, 0.6% y 0.9%, según el peso del cemento, y otros 09 agregando aditivo incorporador de aire en 0.3%, 0.6% y 0.9% según el peso del cemento”.

“Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290n y aditivo super plastificante de alto desempeño sika viscoflow 20e”

(Huarcaya, 2014), Analizar y evaluar el comportamiento del asentamiento de concreto con aditivos (superplastificante y plastificante) en diferentes dosis de 0,5 % - 1,0 % - 1,5 % para poder obtener un concreto más trabajable, fluido durante más tiempo (pag.19). La metodología de investigación fue de carácter analítico, experimental e informativo donde se plantearon los procedimientos reglamentados por las normas ASTM (pag.20). En los resultados se pudo observar que al adicionar el aditivo plastificante incrementa el asentamiento del concreto y optimiza la resistencia del mismo (pag.73); como conclusión se tiene que la producción de concreto con alta trabajabilidad requiere una selección cuidadosa de los materiales componentes, empleo de aditivos plastificantes o superplastificante y un estricto control de calidad en todas las etapas de fabricación y uso (pag.197). La aplicación del aditivo es variable ya que depende de que tan trabajable se requiera.

“Estudio exploratorio en diseño de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A”.

(Quezada, 2014). Elaborar productos de espuma de concreto, concreto liviano no estructural y concreto estructural liviano utilizando los agregados de la zona, concluyendo lo siguiente:

Los altos contenidos de aire en la mezcla afectan directamente la resistencia a la compresión; por lo tanto, la manera más adecuada de reducir la densidad, sin afectar demasiado la resistencia, es con la implementación de materiales de baja densidad, como el poliestireno expandido, en lugar del agregado grueso convencional. Sin embargo, con los resultados obtenidos hasta ahora no se pueden llamar concretos estructurales.

“Estudio técnico y económico para la elaboración de bloques de hormigón liviano en base a poliestireno expandido.”

(Quezada, 2010). Según los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto ligero a base de poliestireno a la edad de 28 días, se determinó una resistencia promedio de 47.63Kg/cm² asimismo se logró un bloque con un peso 25,7% menor al de un bloque tradicional con absorción de agua de 152,3 kg/m³ y una humedad no mayor al 2,2% cumpliendo la normatividad de Chile.

Luego de haberse realizado los ensayos pertinentes se llegó a la conclusión de que los bloques fabricados con concreto ligero a base de poliestireno cumplen con la normatividad y su costo se puede compensar con mejores rendimiento y ahorro en el costo de transporte.

1.3. Bases teóricas

1.3.1 Concreto u hormigón tradicional

Es una mezcla de cemento Portland, agregados (fino y grueso), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas; y algunas veces se añaden sustancias llamados aditivos que mejoran o modifican las propiedades del concreto. (Abanto, 2017, pág. 11).

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (Rivva, 2013, pag. 14).

1.3.2 Componentes y complementos del concreto

1.3.2.1 Cemento portland

La Norma de Estructura E.060 Concreto Armado – 2009, define al Cemento Portland como un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. El cemento por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire.

La principal organización de políticas, investigación, educación e inteligencia de mercado que sirve a los fabricantes de cemento de Estados Unidos es la Portland Cement Association (PCA), fundada en 1916. Los miembros de PCA representan el 93% de la

capacidad de producción de cemento de los EE.UU. Con instalaciones en los 50 estados.

PCA promueve la seguridad, sostenibilidad y la innovación en todos los aspectos de la construcción, fomenta la mejora continua en la fabricación y distribución de cemento y, en general, promueve el crecimiento económico y la inversión de infraestructura sólida.

Los cementos que cumplan con la norma ASTM C-150 pueden ser usados para la producción de concreto. En el mercado peruano, existen los siguientes tipos:

- Tipo I: Se le conoce como cemento Portland ordinario y es el de mayor comercialización en el mercado. Se usa, donde no se requieren propiedades especiales.
- Tipo II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Se emplea en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- Tipo III: Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Se usa en climas fríos o en los casos en que se necesite adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV: De bajo calor de hidratación. Generalmente, se lo usa para concretos masivos.
- Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos. Su uso es obligado para ambientes muy agresivos.

Tabla 01
Cementos Peruanos

| Marca | Tipo | Peso específico | Superficie específica(cm ² /gr) |
|-----------|------|-----------------|--|
| Sol | I | 3.11 | 3500 |
| Atlas | IP | 2.97 | 5000 |
| Andino | I | 3.12 | 3300 |
| Andino | II | 3.17 | 3300 |
| Andino | V | 3.15 | 3300 |
| Pacasmayo | I | 3.11 | 3100 |
| Yura | IP | 3.06 | 3600 |
| Yura | IPM | 3.09 | 3500 |
| Rumi | IPM | ... | 3800 |

La tabla muestra distintas marcas y tipos de cemento.

Fuente: (Rivva, 2013) Libro Diseño de Mezclas.

1.3.2.2 Agregados

Los agregados, llamados también áridos o inertes, son definidos como el conjunto de partículas, sean éstos de origen natural o artificial, que puedan ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.

Los agregados ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total del concreto, por lo que es preciso tener un especial cuidado en el estudio de su origen a partir del tipo de la roca madre y sus principales características físicas y químicas, porque éstas influyen directamente en la calidad del concreto.

1.3.2.3 Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (HARMSEN, 2005)

1.3.2.4 Densidad del concreto liviano

La obtención de la densidad del concreto fresco se realiza según la norma NTP 339.046 y la ASTM C138, la cual especifica el método para determinar el peso unitario (densidad), del concreto fresco. Este método permite observar si durante el proceso de mezclado hubo cambios relevantes en el proceso en sí o en las proporciones de los materiales incluyendo al contenido de aire de la mezcla.

1.3.2.5 Trabajabilidad del concreto

Está determinada por la facilidad de manipulación de la mezcla, de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco. La consistencia del concreto fresco es considerada un buen indicador de trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto.

1.3.3 Concreto liviano con perlas de poliestireno

Es un concreto que se obtiene mezclando cemento, arena, agua y perlitas de poliestireno. Este tipo de concreto se diferencia de otros concretos livianos por las propiedades que le aportan las partículas de poliestireno.

1.3.3.1 Propiedades y Características

Las propiedades más resaltantes que brinda el concreto liviano elaborado con perlitas de poliestireno son:

- Baja densidad
- Excelente aislamiento térmico.
- Menor absorción de humedad.
- Baja resistencia Mecánica.

(Paulino & Espino, 2017)

1.3.3.2 Dosificación de mezcla

Para la dosificación de la mezcla para concreto liviano no estructural y concreto estructural de baja densidad elaborados con perlas de poliestireno; se tuvo como referencia la siguiente tabla:

1.3.4. Poliestireno Expandido

El Poliestireno Expandido (EPS) se define técnicamente como un "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire".

BASF y Dow desarrollaron independientemente el poliestireno expandido a principios de los años 1940. El proceso de BASF, basado en el uso de pentano como agente espumante, resultó ser muy superior y en la posguerra pasó a ser el único utilizado industrialmente.

La demanda de poliestireno expandido se disparó a finales de los años 1960 gracias en parte a la invención de extrusoras que permitían la inyección directa de pentano al poliestireno líquido. El poliestireno expandido, conocido como "corcho blanco", es un plástico bastante frágil y muy sensible a prácticamente todos los disolventes. Está dotado de un excelente comportamiento dieléctrico y se utiliza principalmente en la industria para envases frigoríficos, vasos desechables del tipo térmico o empaques para el uso electrónico, entre otros.

El EPS es un material que se utiliza ampliamente en el campo del envasado y embalado de una gran variedad de productos, esto es debido a sus propiedades entre las que destacan su alta capacidad de protección y de aislamiento térmico, así como su ligereza y facilidad de conformado.

La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded PolyStyrene. Este material es conocido también como Telgopor, se puede obtener en ferreterías, galerías comerciales en forma de perlas en diferentes dimensiones. Posee características como:

1.3.4.1. Estabilidad frente a la temperatura

Además de los fenómenos de cambios dimensionales por efecto de la variación de temperatura descritos anteriormente el poliestireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica.

El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa. ()

1.3.4.2. Comportamiento frente a factores atmosféricos

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

1.3.5. NTP 399.600:2017

Unidades de albañilería. Bloques de concreto para uso no estructural. Norma Técnica Peruana que establece los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto sólidos o huecos, elaborados con cemento Pórtland, agua, y agregados, con o sin la inclusión de otros materiales, empleados en muros y tabiques interiores o exteriores y que no deberán resistir cargas. En caso de particiones exteriores se deberá proveer la protección adecuada.

NOTA 1. Los bloques materia de la presente NTP son fabricados con agregados de peso normal o liviano o ambos. NOTA 2. Cuando se requieren características particulares tales como texturas superficiales por apariencia o adherencia, acabado, color o propiedades particulares tales como clasificación por peso, mayor resistencia a la comprensión, resistencia al fuego, performance térmico o acústico (INACAL, 2018).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de porcentajes de poliestireno expandido en las proporciones de 20%, 35%, 50% y 65% en el diseño de concreto liviano para la elaboración de unidades de albañilería evaluado a la compresión?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del poliestireno expandido en reemplazo del volumen de agregado fino en el diseño de concreto liviano para la elaboración de unidades de albañilería y evaluado a la compresión.

1.5.2. Objetivos específicos

O.E.1. Emplear perlas de poliestireno expandido en porcentajes del 20%, 35%, 50% y 65% de volumen en reemplazo de agregado fino.

O.E.2. Elaborar probetas de concreto liviano con la adición de poliestireno expandido con dimensiones de 10 cm x 20 cm para probetas cilíndricas para ensayo a compresión,

O.E.3. Determinar las propiedades de trabajabilidad y diferencias en peso de las probetas del concreto patrón en comparación al concreto liviano.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El porcentaje de poliestireno expandido en hasta el 35% influye considerablemente en las propiedades (trabajabilidad, resistencia a la compresión y peso) de concreto liviano para la elaboración de unidades de albañilería para muros no portantes.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

Es una investigación aplicada, ya que se busca obtener datos de relevancia aplicable al campo de la construcción, en base a valores de porcentajes de poliestireno expandido en el diseño de mezcla para la elaboración de unidades de albañilería.

2.1.2. Según el diseño de investigación: La investigación es de tipo experimental.

2.2 Diseño de investigación:

Es de tipo cuasi experimental, ya que las muestras para los ensayos de laboratorio, pertenecen a una selección definida, producto precisamente de la manipulación inicial de la variable independiente (porcentajes de poliestireno), de manera que este grupo no se selecciona de forma aleatoria. Básicamente se manipula la variable independiente con el propósito de observar la influencia del poliestireno expandido en el diseño de concreto liviano.

2.3. Variables

2.3.1 Variables

Variable independiente: Para la presente investigación se consideró como variable independiente al porcentaje de poliestireno expandido.

La variable dependiente es aquella que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables, o sea, en variables dependientes (Pino, 2010).

Tabla 2

Variable Independiente, con sus respectivos valores a ser evaluados (porcentajes)

| Variable Independiente | Porcentajes a evaluarse la variable independiente | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|
| | 20 % | 35 % | 50 % | 65 % |
| X: Porcentaje de partículas de poliestireno expandido. | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ |

Fuente: Elaboración Propia

Variable dependiente: Para la presente investigación se considera variable dependiente al diseño de concreto liviano.

Es la que toma valores diferentes en función de las modificaciones que sufre la variable independiente. En ese sentido, la variable independiente ejerce influencia o causan efecto en otras variables llamadas dependientes (Pino, 2010).

Tabla 3

Variable Dependiente, que en función de la VI se busca evaluarla y obtener un diseño de concreto liviano que cumpla con la normatividad de resistencia de unidades de albañilería (NTP 399.613 y NTP 339.604).

| Variable Dependiente | Tipo de evaluación de la variable dependiente |
|-------------------------------|---|
| Y: Diseño de Concreto Liviano | COMPRESIÓN |

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2 Clasificación de variables

En función al análisis de los objetivos y la matriz de operacionalización de variables se determinó las siguientes variables:

- **Variable Independiente (VI)**

PORCENTAJES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

- **Variable Dependiente (VD)**

DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO

Tabla 4

Cuadro resumen de Diseño Cuasi Experimental, en la que se obtiene la VD (Y) en función al agregado de poliestireno expandido (X).

| Matriz de Diseño Cuasi Experimental | | X (Variable Independiente) | | | |
|-------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | X ₁ =20% | X ₂ =35% | X ₃ =50% | X ₄ =65% |
| Y | 7 días | X _{20%} Y _{7 días} | X _{35%} Y _{7 días} | X _{50%} Y _{días} | X _{65%} Y _{días} |
| (Variable | 14 días | X _{20%} Y _{14 días} | X _{35%} Y _{14 días} | X _{50%} Y _{14 días} | X _{65%} Y _{14 días} |
| Dependiente) | 28 días | X _{20%} Y _{28 días} | X _{35%} Y _{28 días} | X _{50%} Y _{28 días} | X _{65%} Y _{28 días} |

Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEMS |
|---|---|---|--|---|--------------------------------|
| V.I. PORCENTAJE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO | El concreto liviano, es un concreto que tiene una densidad menor que el concreto tradicional. Se produce con agregados ligeros o con una combinación de ellos. (NTP 699.600). | Se usará material de poliestireno expandido en porcentajes de 20%, 35%, 50% y 65% de volumen como reemplazo al material de agregado para analizar la influencia que posee en el diseño de concreto. | Obtener volumen de probeta para cada muestra | Peso de poliestireno de cada porcentaje | NTP 699.600 ASTM C31 |
| | | | Obenido el volumen de probeta se determina el volumen de poliestireno para cada muestra al 20%, 35%, 50% y 65% | Volumen que representa el poliestireno para cada porcentaje | NTP 699.600 ASTM C31 |
| | | | El volumen de poliestireno expandido, se agrega a la mezcla de cemento, arena y agua | Densidad de poliestireno expandido | NTP 699.600 ASTM C31 |
| V.D. DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO | La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se | En función al poliestireno expandido, contemplando la norma NTP 699.600, y la resistencia mínima permisible en elementos de | Análisis de concreto fresco | Asentamiento | NTP 339.035 ASTM C 143 |
| | | | Calculo del peso de cada muestra con respecto a su volumen | Densidad | Norma 339.034 NTP 400 – 021 |

expresa en términos de
esfuerzo, generalmente en
kg/cm², MPa y con
alguna frecuencia en
libras por pulgada
cuadrada (psi). (ACI 214)

albañilería, se
determina las
dosificaciones para
encontrar muestras
resistentes y que sean
lo más livianas
posibles.

Analizar la
resistencia de los
testigos de
concreto liviano
aplicando la V.I.

Resistencia a la
compresión

NTP 339.034
ASTM C 39

2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.4.1 Población: La población materia de estudio, son todas las unidades de albañilería de concreto.

2.4.2 Muestra

2.4.2.1 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:

Es **no probabilístico por conveniencia**, debido a que el muestreo depende de la experiencia del investigador, y llevado a cabo mediante la observación en correlación a la investigación cuasi experimental debido a que es una investigación empírica en la que se espera obtener los efectos por la adición de agregado liviano.

Para dicha investigación se elaboró 60 cilindros de concreto ligero, con agregado de poliestireno expandido, las medidas de dicho cilindro son considerando la Norma E.060 para edificaciones, y es como se muestra en la figura 1.

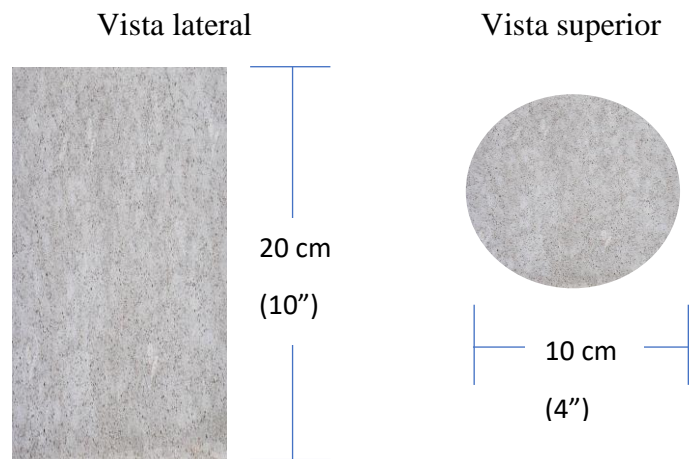


Figura 1. Medidas de cada unidad de muestra, para la presente investigación se consideran 60 unidades, 4 unidades en concreto liviano y un concreto patrón para cada porcentaje (20%, 35%, 50% y 65%) y para curado de 7, 14 y 28 días.

Con relación al procedimiento y curado de las probetas de concreto, se consideraron las normas NTP 339.033 y *ASTM C 31*.

2.4.2.2 Tamaño de muestra

Se empleará el juicio del investigador para seleccionar las muestras de los especímenes elaborados, los cuales como ya se mencionó, serán evaluados en laboratorio bajo el criterio Cuasi Experimental.

Para la elaboración de las muestras se está considerando el reemplazo de agregado fino exclusivamente, por material de poliestireno expandido, para no alterar la dosificación del cemento ni el agua.

Por lo tanto, la variable independiente está dada por el volumen de poliestireno empleado en el concreto liviano, y esta será evaluada en los 4 diferentes porcentajes como se muestra en la Tabla 1.

Datos:

NM : Numero de Muestras

NVi : Numero de Variables Independientes

NEVI : Numero de evaluaciones para la variable independiente

NVd : Numero de Variables Dependientes

NEVD : Numero de evaluaciones para la variable dependiente

Para 20%, 35%, 50% y 65% en 7, 14 y 28 días:

$$NM = (NVI \times NEVI) \times (NVD \times NEVD)$$

$$NM = (1 \times 4) \times (1 \times 3) = 12$$

Muestra = 12 UND

CÁLCULO DE NÚMEROS DE ENSAYOS

Datos:

E : Cantidad de ensayos

NME : Numero de Muestras para Ensayos

NM : Numero de Muestras

NRE : Numero de Replicas de probeta según RNE y NTP

NP : Numero de Patrones por cada Muestra según RNE y NTP.

Ensayos

$$E = (NME) \times (NRE) + (NP) \times (NM)$$

$$E = (12) \times (4) + (1) \times (12) = 60$$

$$E = 60 \text{ UND}$$

Tabla 5

Cuadro resumen de la cantidad de probetas a obtener considerando la norma E.060 sobre edificaciones y la NTP 339.033 y ASTM C31 sobre preparación y curado de probetas de concreto.

| Número de probetas a evaluar | | Porcentaje de poliestireno expandido | | | | Patrón 1 x c/porcentaje | Sub total (N° de ensayos) |
|------------------------------|---------|--------------------------------------|-----|-----|-----|----------------------------|------------------------------|
| | | 20% | 35% | 50% | 65% | | |
| RESISTENCIA A COMPRESIÓN | 7 días | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 |
| | 14 días | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 |
| | 28 días | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 |
| Total N° de ensayos | | | | | | | 60 |

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo los cálculos anteriores, para el cálculo de la resistencia a la compresión, se realizarán 4 unidades en cada porcentaje a evaluar (20%, 35%, 50% y 65%) para 7, 14 y 28 días en concreto liviano, con lo cual se obtiene 48 unidades de probetas, además de ello, se incluyen 4 unidades de probetas patrón para cada periodo de curado, alcanzando un total de 12 unidades, haciendo un total de 60 muestras para ensayo solo para resistencia a compresión, tal como los recomienda la ASTM C 39.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnica de recolección de datos.

2.3.1.1. Observación

Existe información audio visual sobre elaboración de mezclas livianas, y elaboración de unidades de albañilería con materiales livianos diversos, por lo que ha sido de importante aporte a la presente investigación.

2.3.1.2. Revisión documental

Se realiza la revisión documental de procedimientos para la elaboración de los testigos según el método ACI 211 y NTP 339.088 para diseño de mezcla, así como la elaboración de concreto liviano para unidades de albañilería según la NTP 399.613.

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

2.3.2.1. Para la observación

- Observación directa

- Entrevista
- Cuestionario

2.3.2.2 Para revisión documental

- Análisis de documentos
- Análisis de normas
- Fotografías y diapositivas
- Grabaciones en audio y video

2.3.3 Validación del instrumento de recolección datos.

La validez lo realizó el Ing. Victor Hugo Manga Tomaiconza, con DNI 40254402, CIP 97701. Con amplia experiencia en carreteras, edificación de colegios y construcciones para telecomunicaciones.

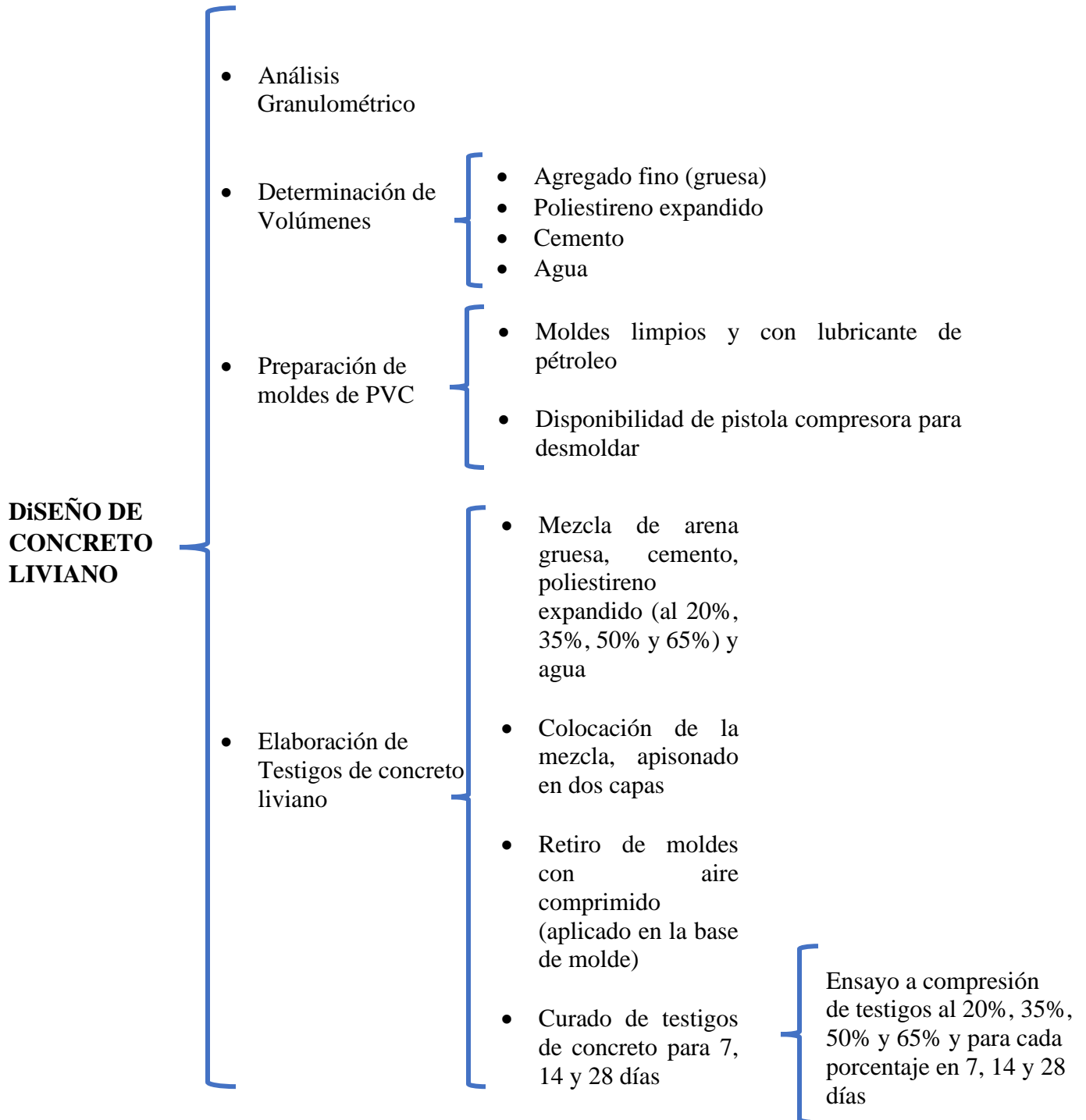
Los instrumentos a utilizar serán del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Privada del Norte.

- Los datos serán procesados en Microsoft Excel y los resultados serán presentados en gráficas, figuras y reportes estadísticos, cuadros de resúmenes, entre otros.
- Cronometro para calcular la duración del ensayo a compresión y flexión.
- Tamices para granulometría de agregados fino y grueso.
- Probeta de vidrio graduada para medir la dosificación de agua
- Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.

- Vernier para medir las dimensiones de los especímenes.
- Alicata.
- Balanza (para medir el peso de los agregados y cemento).
- Estufa (para secar las muestras de agregado).
- Prensa hidráulica para evaluar compresión y flexión.
- Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- Badilejo grande y pequeño para re mezclar el concreto en la bandeja.
- Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la maquina compresión.
- Cucharón para llenar los moldes.
- Bandeja para llevar el concreto.
- Mezcladora de concreto.
- Palana para llenar los recipientes con agregado para su posterior pesado.

2.4. Procedimiento de recolección, tratamiento y análisis de datos

CUADRO SINÓPTICO DEL PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO



2.4.1. Adquisición y ensayo de materiales

a) Agregado fino

Para el agregado fino se considera el material extraído de Cantera Pampa Azul, ubicado en Lurín, en el distrito y provincia de Lima. El coste de 1 m³ es de S/. 40.00, volumen suficiente para realizar los ensayos. El material cumple con la NTP 400.010:2011.

Ensayos físicos:

Peso Unitario: NTP 400.017:2011 (revisada el 2016), ASTM C 29/C29M-2009.

Peso Específico: NTP 400.021:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Absorción: NTP 400.021:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Análisis Granulométrico: NTP 400.012:2013 (revisada el 2018), ASTM C 136.

Contenido de Humedad: NTP 339.185:2013 (revisada el 2018), ASTM C70.

Ensayos químicos:

Sólidos Totales Suspendidos (TDS).

Salinidad (S).

Conductividad (C).

Relación de pH.

b) Poliestireno Expandido

Para la obtención del poliestireno expandido se requiere la materia prima (poliestireno expandible). Esta materia se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión: el pentano. Este polímero se presenta en forma de perlas esféricas

de diámetros entre 0,3 y 2 mm. Para elaborar unidades de poliestireno expandido se requieren tres etapas de fabricación: a) La pre-expansión: el poliestireno expandible se introduce en una tolva de acero inoxidable, dentro de la cual se inyecta vapor de agua que dilata el pentano y expande las perlas (hasta 50 veces su volumen inicial). b) La maduración de las perlas pre-expandidas: una vez pre-expandidas, las perlas se almacenan en silos durante varias horas para permitir su estabilización física. c) El moldeo: las perlas expandidas se introducen en un molde cerrado, sometido a una inyección de vapor de agua. De este modo las perlas se vuelven a expandir, ocupando todo el espacio del molde, soldándose entre ellas para formar un bloque o un producto moldeado. Como todos los materiales plásticos el poliestireno expandible deriva en último término del petróleo, aunque hay que tener en cuenta que solo un 6% del petróleo se dedica a la fabricación de productos químicos y plásticos frente a un 94% dedicado a combustibles para transporte y calefacción. Para la presente investigación, el agregado de poliestireno estará en la etapa pre-expandida La investigación permitirá determinar el nivel adecuado para obtener una resistencia cercana a la normada por la NTP 699.600, con la adición máxima posible de este material. Para ello se considera preliminarmente que los únicos elementos o ingredientes a variar en su volumen son los agregados.

c) Agua potable

El agua a emplear es proveniente de SEDAPAL, la misma que será usada para la mezcla y posterior curado del concreto, el costo de 1 m³ está S/. 4.85 (tarifa correspondiente a uso comercial). Se toma en consideración las recomendaciones de la NTP 339.088 y ASTM C

1602 sobre las cantidades máximas de sólidos en suspensión 5000 ppm, materia orgánica 3 ppm, alcalinidad 1000 ppm, sulfatos 600 ppm y cloruros 1000 ppm.

d) Cemento

Para los ensayos se empleará el cemento portland Tipo I de 42.5 Kg cuyo precio en el mercado de la construcción es de S/. 24.00 en promedio.

Se siguió los criterios de confidencialidad, observación y consentimiento de algunos especialistas.

2.4.2. Procedimiento de diseño de mezcla

A continuación se presenta el procedimiento de diseño de mezcla y elaboración de las probetas con concreto liviano.

La distribución del tamaño de partículas se determinó por división con mallas standarizadas para el agregado fino, las mallas empleadas son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100. (Abanto, 2000, p.24) .

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.037.

Para la presente investigación se realizaron tres ensayos de granulometría según la Norma NTP 400.010.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Peso seco de especímenes con poliestireno y cilindros patrones

Tabla 6

Peso de cada muestra con 20% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 20% | Peso de especímenes (kg) |
|-----------|---|---------------------------------|
| Especimen | 1 | 2.91 |
| | 2 | 2.89 |
| | 3 | 2.90 |
| | 4 | 2.90 |
| | Patrón 1 | 3.7 |

Tabla 7

Peso de cada muestra con 35% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 35% | Peso de especímenes (kg) |
|-----------|---|---------------------------------|
| Especimen | 1 | 1.88 |
| | 2 | 1.96 |
| | 3 | 1.98 |
| | 4 | 1.92 |
| | Patrón 2 | 3.38 |

Tabla 8

Peso de cada muestra con 50% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 50% | Peso de especímenes (kg) |
|-----------|---|---------------------------------|
| Especimen | 1 | 1.68 |
| | 2 | 1.72 |
| | 3 | 1.65 |
| | 4 | 1.60 |
| | Patrón 3 | 3.48 |

Tabla 9

Peso de cada muestra con 65% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 65% | Peso de especímenes (kg) |
|---|---------------------------------|
| 1 | 1.19 |
| 2 | 1.22 |
| Especimen 3 | 1.19 |
| 4 | 1.20 |
| Patrón 4 | 3.52 |

Tabla 10

Resumen de promedio de concreto patrón de cada muestra porcentual

| Descripción | Unidad | Peso |
|--------------------------|---------------|-------------|
| Patrón 1 | kg | 3.70 |
| Patrón 2 | kg | 3.38 |
| Patrón 3 | kg | 3.48 |
| Patrón 4 | kg | 3.52 |
| Promedio Concreto Patrón | kg | 3.52 |

Tabla 11

Resumen de promedio de masas con agregado de poliestireno y concreto patrón

| Descripción | Porcentaje de poliestireno | Unidad | Peso |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|
| Poliestireno Promedio 1 | 20% | kg | 2.90 |
| Poliestireno Promedio 2 | 35% | kg | 1.94 |
| Poliestireno Promedio 3 | 50% | kg | 1.66 |
| Poliestireno Promedio 4 | 35% | kg | 1.20 |
| Promedio Concreto Patrón | 0% | kg | 3.52 |

La tabla 11, se obtiene con los valores promedio del peso de cada unidad de testigo agrupados por los porcentajes de concentración de poliestireno expandido, y en el caso de concreto patrón el promedio de todas las muestras con agregado de poliestireno al 0%.

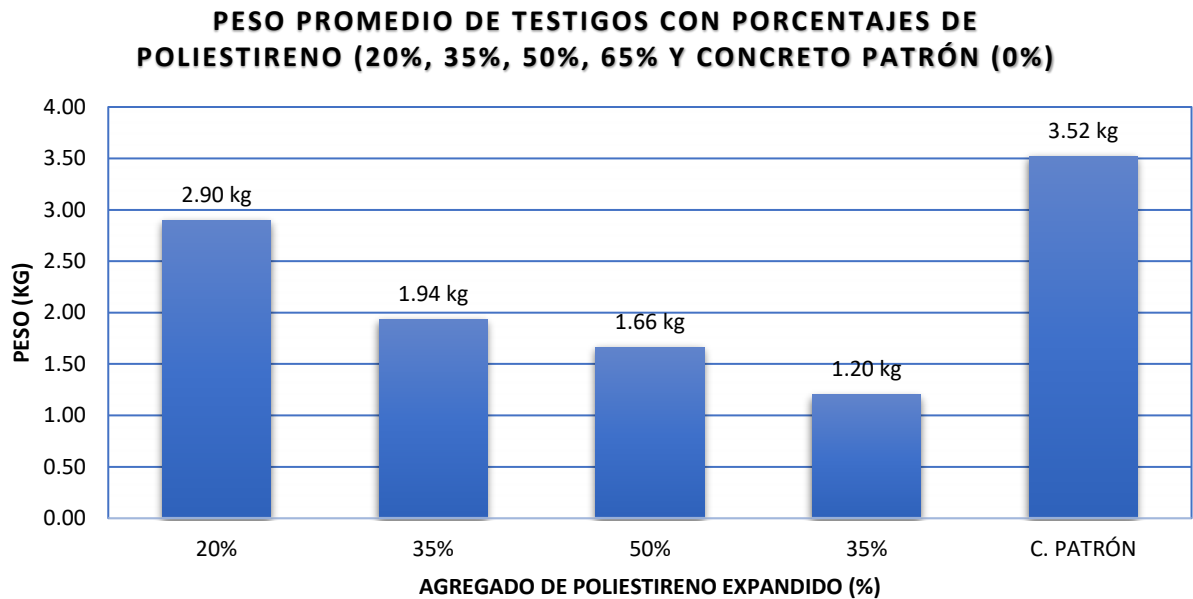


Figura 2. Promedio de los pesos de testigos obtenidos para porcentajes de 20%, 35%, 50% y 65% incluyendo a concreto patrón.

En la figura, se puede apreciar, y por razones deducibles, que el menor peso por unidad, es el que posee mayor volumen de poliestireno expandido (65%), haciéndola más liviana, pero comprometiendo severamente su resistencia.

3.2 Análisis de absorción de las muestras

Tabla 12

Peso de cada muestra con 20% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 20% | Peso seco de especímenes (kg) | Peso húmedo (kg) (24 h) | Diferencia (kg) | |
|--|-------------------------------|-------------------------|-----------------|------|
| Especímen | 1 | 2.91 | 3.21 | 0.3 |
| | 2 | 2.89 | 3.17 | 0.28 |
| | 3 | 2.90 | 3.3 | 0.4 |
| | 4 | 2.90 | 3.24 | 0.34 |
| Patrón | 3.7 | 4.16 | 0.46 | |

Tabla 13

Peso de cada muestra con 35% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 35% | | Peso seco de especímenes (kg) | Peso húmedo (24 h sumergido) (kg) | Diferencia (kg) |
|--|--------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Especímen | 1 | 1.88 | 2.09 | 0.21 |
| | 2 | 1.96 | 2.156 | 0.196 |
| | 3 | 1.98 | 2.26 | 0.28 |
| | 4 | 1.92 | 2.158 | 0.238 |
| | Patrón | 3.38 | 3.702 | 0.322 |

Tabla 14

Peso de cada muestra con 50% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 50% | | Peso seco de especímenes (kg) | Peso húmedo (24 h sumergido) (kg) | Diferencia (kg) |
|--|--------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Especímen | 1 | 1.68 | 1.83 | 0.15 |
| | 2 | 1.72 | 1.86 | 0.14 |
| | 3 | 1.65 | 1.85 | 0.2 |
| | 4 | 1.60 | 1.77 | 0.17 |
| | Patrón | 3.48 | 3.71 | 0.23 |

Tabla 15

Peso de cada muestra con 65% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 65% | | Peso seco de especímenes (kg) | Peso húmedo (24 h sumergido) (kg) | Diferencia (kg) |
|--|--------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Especímen | 1 | 1.19 | 1.295 | 0.105 |
| | 2 | 1.22 | 1.318 | 0.098 |
| | 3 | 1.19 | 1.33 | 0.14 |
| | 4 | 1.20 | 1.319 | 0.119 |
| | Patrón | 3.52 | 3.681 | 0.161 |

Tabla 16

Tabla resumen de peso seco y húmedo de especímenes con porcentajes de poliestireno y concreto patrón

| Porcentaje | Peso seco de especímenes (kg) | Peso húmedo (24 h sumergido) (kg) | Diferencia (kg) |
|------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 20% | 1.19 | 1.30 | 0.11 |
| 35% | 1.22 | 1.32 | 0.10 |
| 50% | 1.19 | 1.33 | 0.14 |
| 65% | 1.20 | 1.32 | 0.12 |
| 0% | 3.52 | 3.81 | 0.29 |

PESO SECO, HÚMEDO Y DIFERENCIA EN TESTIGOS CON PORCENTAJES DE POLIESTIRENO (20%, 35%, 50%, 65% Y CONCRETO PATRÓN

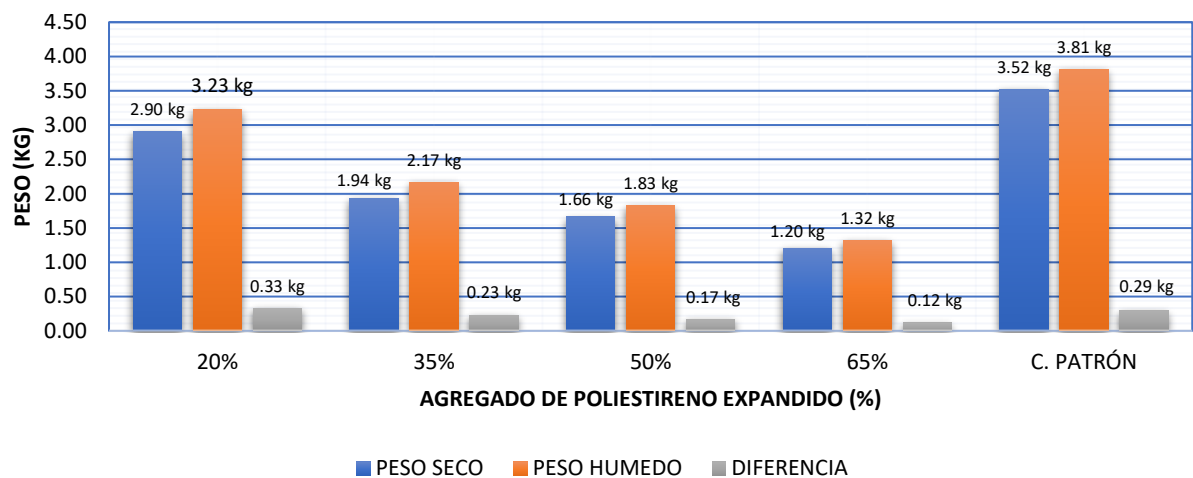


Figura 3. Promedio de nivel de absorción en testigos de 20%, 35%, 50% y 65% incluyendo a concreto patrón.

En la gráfica se puede observar que la variación de absorción no es muy significativa en los testigos con el aumento de volumen de poliestireno, y es con tendencia a la reducción del porcentaje de absorción, y en comparación con la del concreto patrón, llegan a casi a la tercera parte de nivel de absorción de humedad.

3.3 Resistencia a la compresión de las muestras

3.3.1 Testigos a los 7 días

Tabla 17

Resistencia a la compresión de cada muestra con 20% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 20% | Resistencia a la compresión (gramos) | F'c (kg/cm²) |
|-----------|---|---|--------------------------------|
| Especímen | 1 | 2400.00 | 20.72 |
| | 2 | 2368.50 | 20.40 |
| | 3 | 2428.75 | 20.89 |
| | 4 | 2375.00 | 20.59 |
| | Patrón | 5343.75 | 46.14 |

Tabla 18

Resistencia a la compresión de cada muestra con 35% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 35% | Resistencia a la compresión (kg) | F'c (kg/cm²) |
|-----------|---|---|--------------------------------|
| Especímen | 1 | 1860.00 | 16.06 |
| | 2 | 1931.25 | 16.68 |
| | 3 | 1942.50 | 16.77 |
| | 4 | 1893.75 | 16.35 |
| | Patrón | 5366.25 | 46.34 |

Tabla 19

Resistencia a la compresión de cada muestra con 50% de poliestireno expandido

| | Porcentaje de poliestireno expandido 50% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm²) |
|-----------|---|--|--------------------------------|
| Especímen | 1 | 896.25 | 7.74 |
| | 2 | 900.00 | 7.77 |
| | 3 | 933.75 | 8.06 |
| | 4 | 888.75 | 7.67 |
| | Patrón | 5358.75 | 46.27 |

Tabla 20

Resistencia a la compresión de cada muestra con 65% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 65% | Resistencia a la compresión (kg) | F'c (kg/cm ²) |
|--|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 672.19 | 5.80 |
| 2 | 675.00 | 5.83 |
| Espécimen 3 | 700.31 | 6.05 |
| 4 | 666.56 | 5.76 |
| Patrón | 4019.06 | 34.70 |

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CON PORCENTAJES DE POLIESTIRENO (20%, 35%, 50%, 65% Y CONCRETO PATRÓN

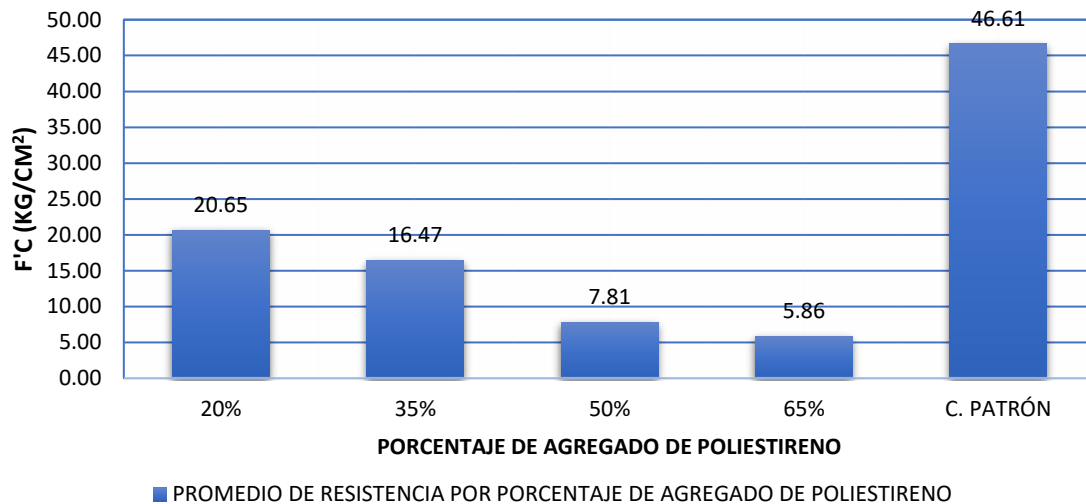


Figura 4. Resistencia a la compresión en testigos de 20%, 35%, 50% y 65% incluyendo a concreto patrón.

Se observa una significativa disminución en la resistencia de cada testigo con su respectivo porcentaje de agregado de poliestireno a los 7 días de curado. Así mismo el concreto patrón evidencia una resistencia escasa.

3.3.1 Testigos a los 14 días

Tabla 21

Resistencia a la compresión de cada muestra con 20% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 20% | Resistencia a la compresión (gramos) | F'c (kg/cm ²) |
|--|--------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2720.00 | 23.49 |
| 2 | 2677.50 | 23.12 |
| Espécimen 3 | 2741.25 | 23.67 |
| 4 | 2703.00 | 23.34 |
| Patrón | 6056.25 | 52.29 |

Tabla 22

Resistencia a la compresión de cada muestra con 35% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 35% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2108.00 | 18.20 |
| 2 | 2188.75 | 18.90 |
| Espécimen 3 | 2201.50 | 19.01 |
| 4 | 2146.25 | 18.53 |
| Patrón | 6081.75 | 52.51 |

Tabla 23

Resistencia a la compresión de cada muestra con 50% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 50% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1015.75 | 8.77 |
| 2 | 1020.00 | 8.81 |
| Espécimen 3 | 1058.25 | 9.14 |
| 4 | 1007.25 | 8.70 |
| Patrón | 6073.25 | 52.44 |

Tabla 24

Resistencia a la compresión de cada muestra con 65% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 65% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|---|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 761.81 | 6.58 |
| 2 | 765.00 | 6.61 |
| Espécimen 3 | 793.69 | 6.85 |
| 4 | 755.44 | 6.52 |
| Patrón | 4554.94 | 39.33 |

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CON PORCENTAJES DE POLIESTIRENO (20%, 35%, 50%, 65%) Y CONCRETO PATRÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO

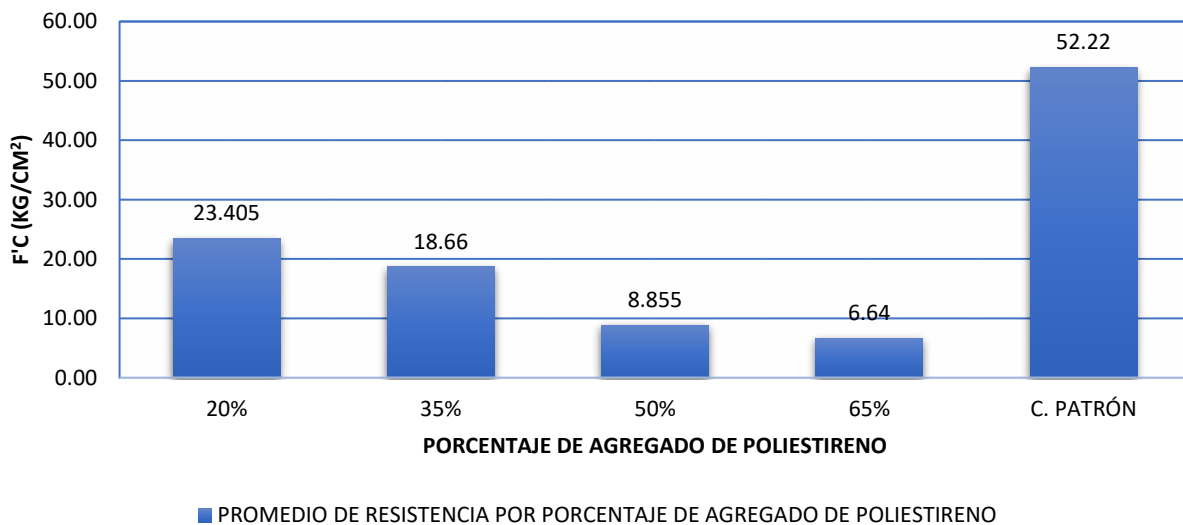


Figura 5. Resistencia a la compresión en testigos de 20%, 35%, 50% y 65% incluyendo a concreto patrón a los 14 días de curado.

Se observa una diferencia discreta en resistencias con el agregado de poliestireno en los testigos a los 14 días de curado, así mismo se observa que se ha elevado la resistencia en cada elemento con los distintos porcentajes.

3.3.1 Testigos a los 28 días

Tabla 25

Resistencia a la compresión de cada muestra con 20% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 20% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 3200 | 39.47 |
| 2 | 3150 | 38.85 |
| Espécimen 3 | 3225 | 39.78 |
| 4 | 3180 | 39.22 |
| Patrón | 7125 | 87.88 |

Tabla 26

Resistencia a la compresión de cada muestra con 35% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 35% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2480 | 30.59 |
| 2 | 2575 | 31.76 |
| Espécimen 3 | 2590 | 31.95 |
| 4 | 2525 | 31.14 |
| Patrón | 7155 | 88.25 |

Tabla 27

Resistencia a la compresión de cada muestra con 50% de poliestireno expandido

| Porcentaje de poliestireno expandido 50% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1195 | 14.74 |
| 2 | 1200 | 14.80 |
| Espécimen 3 | 1245 | 15.36 |
| 4 | 1185 | 14.62 |
| Patrón | 7145 | 88.13 |

Tabla 28

Resistencia a la compresión de cada muestra con 65% de poliestireno expandido.

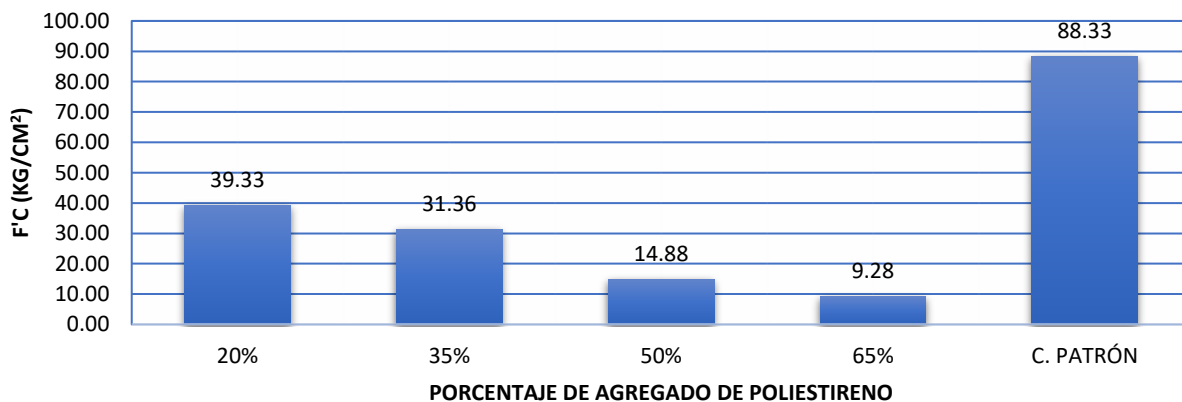
| Porcentaje de poliestireno expandido 65% | Resistencia a la compresión (g) | F'c (kg/cm ²) |
|---|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 765 | 9.44 |
| 2 | 720 | 8.88 |
| Espécimen 3 | 810 | 9.99 |
| 4 | 715 | 8.82 |
| Patrón | 7180 | 89.06 |

Tabla 29

Promedio de la resistencia a la compresión en función al porcentaje de agregado liviano de poliestireno expandido.

| Promedio de resistencia | Porcentaje de poliestireno expandido | f'c (kg/cm ²) |
|-------------------------|---|---------------------------|
| Promedio (1,2,3,4) | 20% | 39.33 |
| Promedio (1,2,3,4) | 35% | 31.36 |
| Promedio (1,2,3,4) | 50% | 14.88 |
| Promedio (1,2,3,4) | 65% | 9.28 |
| Promedio c. patrón | 0% | 88.33 |

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CON PORCENTAJES DE POLIESTIRENO (20%, 35%, 50%, 65%) Y CONCRETO PATRÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO



■ PROMEDIO DE RESISTENCIA POR PORCENTAJE DE AGREGADO DE POLIESTIRENO

Figura 6. Resistencia a la compresión en testigos de 20%, 35%, 50% y 65% incluyendo a concreto patrón a los 28 días de curado.

Se observa un incremento significativo en resistencias con el agregado de poliestireno en los testigos a los 28 días de curado, así mismo se observa que se ha elevado la resistencia sobre todo en los porcentajes de 20% y 35%.

3.4 Resultados de cálculo de la reducción en carga muerta empleando unidades de albañilería con agregado de poliestireno expandido.

Para este ejemplo, se toma en cuenta una edificación aporricada, para un ejemplo didáctico del cálculo de reducción de peso en muros no portantes. Para este ejemplo, solo se están considerando los ejes en rojo en los pisos del 2 al 5, es decir en cuatro pisos.

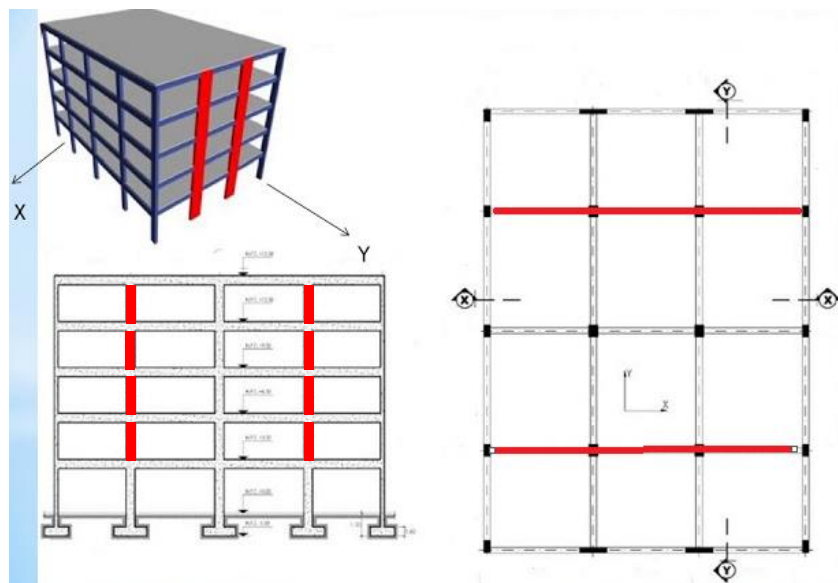


Figura 7. Modelo de estructura aporricada para el cálculo de reducción de carga muerta empleando poliestireno expandido en unidades de albañilería.

Tabla 30
Datos de bloque de concreto tradicional

| Datos de bloque de concreto tradicional | | |
|--|---------|-------------------|
| Largo | 0.4 | m |
| Ancho | 0.15 | m |
| Alto | 0.2 | m |
| Peso | 13 | kg |
| Volumen bruto (inc. Huecos) | 0.012 | m ³ |
| Volumen de huecos | 0.0064 | m ³ |
| Volumen neto (sin huecos) | 0.0056 | m ³ |
| Densidad (m/v) | 2321.43 | kg/m ³ |

Tabla 31
Datos de bloque de concreto con agregado liviano al 20% y 35%

| Bloque de concreto liviano 20% | | |
|---------------------------------------|------------|--------------------|
| Volumen | 0.00157083 | m ³ |
| Volumen necesario | 7.64 | Nro. de testigos |
| Peso c/testigo | 2.9 | kg |
| Peso bruto (s/huecos) | 22.15 | kg |
| Volumen de huecos | 0.0064 | m ³ |
| Volumen neto (con huecos) | 0.0056 | m ³ |
| Peso neto (c/huecos) | 10.34 | kg |
| Densidad (m/v) | 1846.15 | kg/m ³ |
| Bloque de concreto liviano 35% | | |
| Volumen | 0.0015 | m ³ |
| Volumen necesario | 7.64 | Nro. testigos |
| Peso c/testigo | 1.94 | kg |
| Peso bruto (s/huecos) | 14.82 | kg |
| Volumen de huecos | 0.0064 | m ³ |
| Volumen neto (con huecos) | 0.0056 | m ³ |
| Peso neto (c/huecos) | 6.91 | kg |
| Densidad m/v | 1235.01 | mkg/m ³ |

Tabla 32
Nro. de bloques de concreto x m2.

| Cálculo de nro de bloques de concreto x m2 (ver figura inferior) | | |
|--|-------|---------|
| Cantidad de bloques | 11.61 | bloques |
| Largo | 0.40 | m |
| Alto | 0.20 | m |
| Jh | 0.01 | m |
| Jv | 0.01 | m |

$$CL = \frac{1}{(L + J_h) \times (H + J_v)}$$

CL = cantidad de ladrillos por m²
L = longitud de ladrillo (m)
J_h = espesor junta horizontal (m)
H = altura del ladrillo (m)
J_v = espesor junta vertical (m)

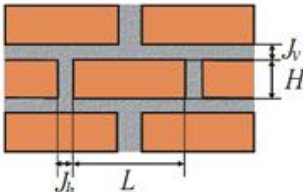


Figura 8. Fórmula para la obtención de la cantidad de ladrillo o bloques de concreto en un m2.

Tabla 33
Datos de muro con bloques de concreto tradicional de 15cm x 20cm x 40cm

| Muro con bloque tradicional | Dimensión | Unidad |
|--|-----------|-------------------|
| Altura | 2.30 | m |
| Ancho | 3.50 | m |
| Área de muro | 8.05 | m ² |
| Cantidad de bloques | 93.50 | uni |
| Peso de muro | 1,345.41 | kg |
| Area de cant de bloques | 7.48 | m ² |
| Area de juntas v y h | 0.57 | m ² |
| Peso de muro con bloque de concreto | 1215.45 | kg |
| Volumen de juntas v y h | 0.06 | m ³ |
| Densidad de mortero | 2000 | kg/m ³ |
| Peso de juntas v y h | 129.96 | kg |

Tabla 34

Peso de muro de 8.05 m2 empleando bloques de concreto liviano al 20%

| Muro con bloque liviano (Poliestireno al 20%) | Dimensión | Unidad |
|---|-----------------|-----------|
| Altura | 2.3 | m |
| Ancho | 3.5 | m |
| Area de muro | 8.05 | m2 |
| Cantidad de bloques | 93.50 | uni |
| Peso de muro | 1,096.57 | kg |
| Area de cant de bloques | 7.48 | m2 |
| Area de juntas v y h | 0.57 | m2 |
| Peso de muro con bloque liv | 966.61 | kg |
| Volumen de juntas v y h | 0.06 | m3 |
| Densidad de mortero | 2,000.00 | kg/m3 |
| Peso de juntas v y h | 129.96 | kg |
| Peso neto de muro (bloques 20%) | 1,096.57 | kg |
| Reducción en peso | 248.84 | kg |

Tabla 35

Peso de muro de 8.05 m2 empleando bloques de concreto liviano al 35%

| Muro con bloque liviano (poliestireno al 20%) | Dimensión | Unidad |
|---|---------------|-----------|
| Altura | 2.3 | m |
| Ancho | 3.5 | m |
| Area de muro | 8.05 | m2 |
| Cantidad de bloques | 93.50 | uni |
| Peso de muro | 776.59 | kg |
| Area de cant de bloques | 7.48 | m2 |
| Area de juntas v y h | 0.57 | m2 |
| Peso de muro con bloque liv | 646.63 | kg |
| Volumen de juntas v y h | 0.06 | m3 |
| Densidad de mortero | 2000 | kg/m3 |
| Peso de juntas v y h | 129.96 | kg |
| Peso neto de muro (bloques 35%) | 698.78 | kg |
| Reducción en peso | 568.82 | kg |

Tabla 36

Reducción en peso, empleando concreto liviano al 20% y 35% en 24 muros de 8.05 m².

| Resultados de la reducción de peso en muros no portantes | Dimensiones | Unidad |
|---|--------------------|---------------|
| Cantidad de muros x piso | 6 | uni |
| Cantidad de pisos | 4 | uni |
| Total muros | 24 | uni |
| Peso total con bloques tradicionales | 32,289.77 | Kg |
| Peso total con bloques tradicionales | 32.29 | Ton |
| Peso total muro con bloques livianos 20% | 26,317.59 | Kg |
| Reducción de peso (c/bloques al 20%) | 5.97 | Ton |
| Peso total muro con bloques livianos 35% | 18,638.07 | Kg |
| Reducción de peso (c/bloques al 35%) | 13.65 | Ton |

La tabla 36 muestra de forma resumida, la reducción del peso total de los 24 muros considerados para el ejemplo, empleando bloques livianos con 20% y 35% (de agregado liviano) en comparación a los bloques tradicionales y en donde se puede observar que existe una reducción de carga en 5.97 Ton y 13.65 Ton respectivamente.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Para la presente investigación, se ha empleado la variación de porcentajes de agregado liviano en valores con ventanas amplias de 15%, para observar el comportamiento que sufre la resistencia y poder obtener información que permita decidir los valores aceptables en los porcentajes del dicho agregado, para la elaboración de unidades de albañilería.

El agregado de poliestireno expandido a pesar de su peso muy reducido, provee un volumen estable a los especímenes elaborados, sin deformaciones importantes, lo cual hace posible que estos posean una menor densidad, en función a volúmenes empleados de este agregado para su elaboración.

El agregado liviano al 50% y 60% podría pueden ser empleado para la producción de concreto liviano y su posterior elaboración de unidades de albañilería con la adición de sustancia químicas que le brinden mayor resistencia, con lo que se obtendría los grandes beneficios del menor peso, reduciéndose aproximadamente al 50 % de una unidad de volumen semejante sin agregados livianos.

Después de haber ensayado los especímenes a compresión, se observó que la resistencia en función a la variación de porcentajes de poliestireno, guarda un comportamiento geométrico.

El autor de la presente investigación, considera que puede elaborarse cualquier tipo de unidad de albañilería con el diseño de mezcla obtenido, desde bloques pequeños macizos, bloques

con huecos, hasta paneles de tabiquería, empleados en edificaciones que demandan áreas amplias de cobertura en muros no portantes.

4.1 Conclusiones

Las muestras con el agregado liviano (poliestireno expandido) al 20% alcanza la mayor resistencia a la compresión a los 28 días en comparación con las otras adiciones de agregado liviano. Sin embargo, se observó que con un porcentaje de agregado liviano del 35% aún estamos dentro de las exigencias mínimas de la norma E.070, pues la resistencia alcanzada a los 28 días es de 31.36 kg/cm² frente a los 20 kg/cm² exigidos por esta norma.

Por otro lado, para una edificación convencional típica de 5 niveles, tomando en consideración el numeral 3.4, la reducción en peso del concreto con agregado liviano al 20% y 35% es de 6 ton y 14 ton respectivamente. Esto es muy importante a tener en cuenta, ya que reducir el peso de una edificación implica disminuir directamente las fuerzas sísmicas del Cortante Basal.

El diseño de mezcla empleado con el agregado de poliestireno expandido al 50% y 60% genera un concreto liviano de muy baja resistencia, la cual está por debajo del nivel mínimo requerido para unidades de albañilería recomendada por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Sin embargo, habría de considerar reformular el diseño de mezcla para aumentar la resistencia y conservar elevados porcentajes de volumen del agregado liviano para obtener elementos que cumplan con los requisitos mínimos del reglamento.

Se observa que, a mayor proporción de poliestireno, la absorción se reduce considerablemente, lo cual muestra que el poliestireno expandido no posee la capacidad de almacenar humedad en proporciones a considerar, ya que en su propia estructura, son como pequeñas cápsulas de aire comprimidas en cada partícula de poliestireno.

Se considera, en función a párrafos anteriores, que el concreto liviano más eficiente en peso e incluso en trabajabilidad, es el que posee agregado de poliestireno expandido al 35%.

El poliestireno expandido posee un peso volumétrico de 9.70 kg/m³, por lo que al momento de pesar los especímenes, los porcentajes de poliestireno son casi despreciables, en el orden de pocos gramos.

Con respecto a la trabajabilidad, las perlas de poliestireno expandido brindan a la mezcla una consistencia ligosa, a pesar de ello genera una mayor trabajabilidad al ser elementos blandos, sin embargo, requiere mayor precaución para evitar espacios vacíos entre las partículas de poliestireno, lo cual representaría un efecto negativo en su resistencia

En el análisis de absorción, se concluye que los especímenes con menor proporción de poliestireno expandido, absorben mayor cantidad de agua debido a que el material liviano absorbe por mención técnica alrededor del 1% de su peso, un valor despreciable para temas de cálculo.

Con respecto a la resistencia, se observó que ésta se reduce drásticamente cuando alcanza volúmenes de poliestireno cercanos al 50% de la mezcla de concreto, por lo cual, el autor de la

presente investigación considera que las unidades de albañilería pueden reducirse por debajo del 50% del peso común que poseen dichas unidades en las edificaciones.

Los días de curado juega un papel muy importante, ya que ello determinó un incremento significativo en la resistencia del concreto en los porcentajes de 20% y 35%, haciendo posible la opción de uso de este último porcentaje (35%) para la elaboración de unidades de albañilería.

Con el uso de estos materiales livianos para tabiquería permitirán mejoras en el aislamiento acústico, algo que es muy importante en edificaciones multifamiliares, así mismo el empleo de este material en unidades de albañilería de mayores dimensiones por su reducido peso, permitirán el avance en obra de forma más eficiente, aumentando la productividad en la mano de obra.

En los resultados obtenidos en el apartado 3.4 sobre cálculo en la reducción de carga muerta, se observa que empleando tan solo el concreto al 20% de agregado liviano se obtiene una reducción de casi 6 toneladas en toda la estructura, considerando el modelo de la figura 7, y de 13.6 toneladas en el caso del concreto al 35% de agregado liviano, por lo que el autor de la presente investigación concluye que la hipótesis planteada se cumple en todo y cuanto se especificó, considerando que se obtiene una mejor trabajabilidad, la reducción en la resistencia a la compresión y la consiguiente reducción en el peso de dichas unidades, lo que se traduce en una reducción de la carga muerta en una determinada edificación sin comprometer en ningún caso el diseño estructural.

REFERENCIAS

Astm c150, i. (1996). Astm international. Obtenido de

<http://www.astm.org/standards/c150c150m-sp.htm>

Canflomero, s. (recuperado el 06/04/2016). Alquiler y venta de maquinaria e

insumos de construcción. Obtenido de

<http://www.canflomero.com/producto.asp?idproducto=18>

Acero Molina, A. L., & Mogollón Otero, F. A. (2015). Análisis de una mezcla suelo- cemento
sustituyendo la fracción granulométrica (pasa no 8 – retiene no 16) por grano de caucho.

(*Tesis de Licenciatura*). Universidad de la Salle, Colombia.

Flores Medina, D. (2013). Diseño, fabricación, caracterización y aplicaciones constructivas de
hormigones de consistencia seca con adiciones de materiales de procedencia orgánica e
inorgánica de neumáticos fuera de uso (nfus). (*Tesis Doctoral*). Universidad Politécnica de
Madrid, España.

nal del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Jiménez Cortes, W. A., & López Rincón, A. M. (2017). Análisis mecánico de la utilización de
concreto reciclado como agregado grueso en un concreto de alto desempeño (6000 psi o
42 mpa). (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Católica de Colombia, Colombia.

(*Artículo*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

FAMACON, B. (2009). *moldes manuales metálicos*. Obtenido de

<http://famacon.blogspot.pe/2009/09/bloques-de-concretoprefabricados.html>

Barba Silva, C. R., & García Sánchez, V. H. (2019). *Estudio Exploratorio En Diseño De Mezclas Del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas De Poliestireno, Arcilla Expandida Y Agregado Fino De La Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018.*

Álvarez Fiestas, M. Á., & Meca Oviedo, I. E. (2019). *Diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura- 2018.*

Dávalos Murray, Y. R. (2015). *Obtencion de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliestireno expandido.*

Pasquel Carbajal, E. (1992). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú.

ANEXO 01

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje) | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta |
|--------------------------|---|--------------|---------------|--------------------------|---|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P ⁽¹⁾ | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP ⁽²⁾ | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Figura 2: Clases de unidades de Albañilería. En el rectángulo en rojo, observamos la resistencia recomendada por la norma para bloques no portantes, la cual se toma como referencia para la presente investigación.

2.4.2.1 Dosificación

| Tipo de mortero | Materiales por m ³ | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|----------|
| | Cemento (kg) | Arena (m ³) | Agua (L) |
| 1:2 | 610 | 0,97 | 250 |
| 1:3 | 454 | 1,10 | 250 |
| 1:4 | 364 | 1,16 | 240 |
| 1:5 | 302 | 1,20 | 240 |
| 1:6 | 261 | 1,20 | 235 |

Figura 3: Dosificación (rectángulo en rojo) para la elaboración de diseño de mezcla para concreto para unidades de albañilería es equivalente para la elaboración de mortero. (N. Reyes, 2018).

ANEXO 02

Documentación gráfica de la elaboración de los testigos de concreto liviano



Figura 4. Moldes para la elaboración de especímenes de concreto liviano y concreto patrón.



Figura 5. Concreto preparado al 35% de poliestireno expandido y listo para depositar en las probetas.



Figura 6. Vertido total de concreto en probetas, se puede observar en la imagen las probetas patrón.



Figura 7. Extracción de concreto 20 minutos después de vertido en probeta, posee una consistencia ligosa y elástica, producto mismo del material de poliestireno. La imagen muestra un corte transversal del espécimen.



Figura 8. Vista superior de espécimen extraído 20 minutos después de vertido en probeta.



Figura 9. Concreto preparado al 50% de poliestireno expandido y listo para depositar en las probetas.

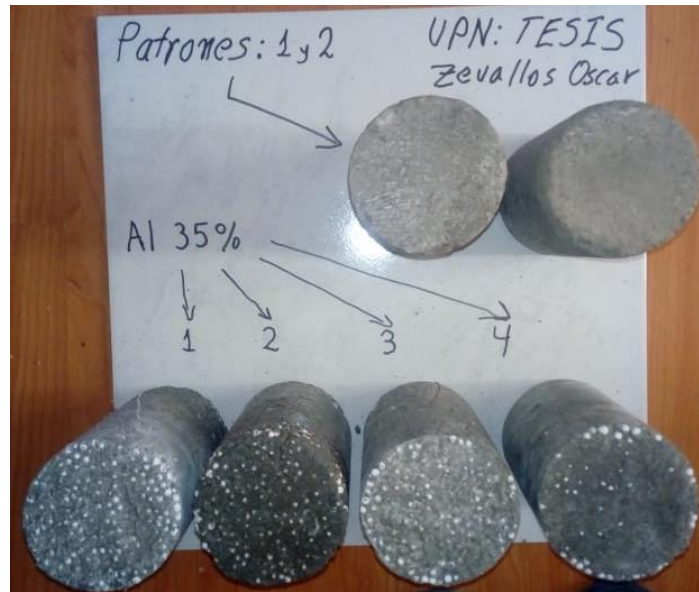


Figura 10. Especímenes al 35% desmoldados y con 7 días de curado, listos para ensayo a compresión.

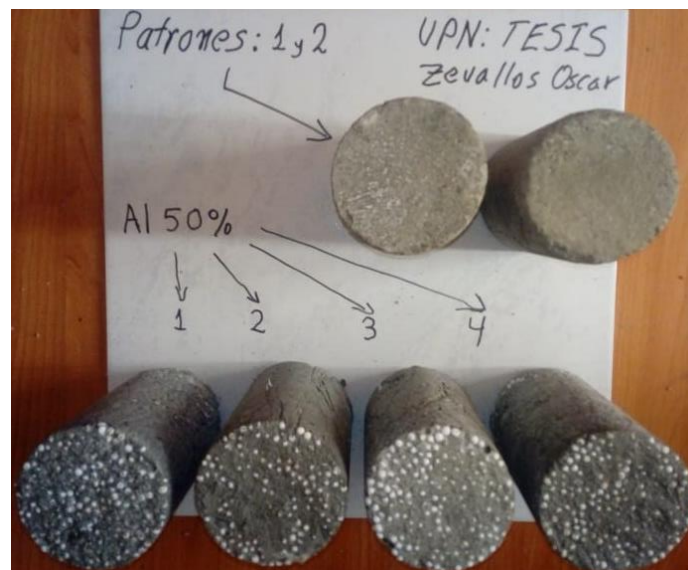


Figura 11. Especímenes al 50% desmoldados y con 7 días de curado, listos para ensayo a compresión.

2.4.2.3 Documentación gráfica del ensayo de resistencia de especímenes en laboratorio de la Universidad Privada del Norte, Lima-Breña.



Figura 12. Pesaje de espécimen al 35% desmoldados, y listos para la medición de nivel de absorción (24 horas).



Figura 13. Etiquetado de especímenes desmoldados y con 28 días de curado, listos para ensayo a compresión.



Figura 14. Etiquetado de especímenes después del proceso de medición de nivel de absorción.



Figura 15. Especímenes con 28 días de curado, listos para ensayo a compresión.



Figura 16. Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, y especímenes con 28 días de curado, listos para ensayo a compresión.



Figura 17. Desmoldado de especímenes, para ponerlos en tina de curado



Figura 18. Maquinaria para ensayo a compresión, Universidad Privada del Norte. Lima, Breña.

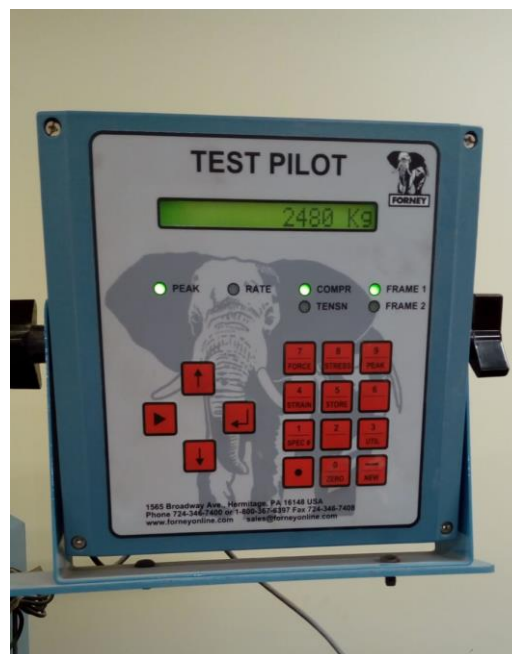


Figura 19. Contador de Kilogramos aplicados a presión sobre superficie de testigos de concreto.



Figura 20. Ensayo a compresión de testigo de 28 días al 35% de poliestireno expandido, se observa deformaciones plásticas.



Figura 21. Ensayo a compresión de testigo de 28 días, sin adición de poliestireno expandido, se observa una rotura superior.



Figura 22. Ensayo a compresión de testigo de 28 días, sin adición de poliestireno expandido con una rotura tradicional en diagonal.



Figura 23. Ensayo a compresión de testigo de 28 días, sin adición de poliestireno expandido.



Figura 24. Testigos ensayados, y analizados en resistencia y forma de falla en su estructura.

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Msc. Saulo Gallo Portocarrero, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

OSCAR ZEVALLOS TORRES

Por cuanto, CONSIDERA que la tesis titulada: “INFLUENCIA DE PORCENTAJES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 20%, 35%, 50% Y 65% EN EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EVALUADOS A COMPRESIÓN”, para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al interesado para su presentación.

Msc. Saulo Gallo Portocarrero
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Oscar Zevallos Torres, para aspirar al título profesional con la tesis denominada:

INFLUENCIA DE PORCENTAJES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 20%, 35%, 50% Y 65% EN EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EVALUADOS A COMPRESIÓN.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado