

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f'_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR
EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES
PORCENTAJES**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. María Vanesa Pérez Gavidia

ASESOR:

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

CAJAMARCA – PERÚ



2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** MARÍA VANESA PÉREZ GAVIDIA
DNI: 73179340
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO
Facultad: DE INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES
- Fecha de evaluación:** 12/02/2026
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 23%
- Código Documento: Oid:** 3117:556275206
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 18/02/2026

	 <p>Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 18/02/2026 15:42:04-0500</p>
<hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO DNI: 26733060</p>	<hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0092-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **dos días del mes de marzo de 2026**, siendo las quince horas (03:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.


Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis **VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f'c=210$ KG/CM² AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil **MARÍA VANESA PÉREZ GAVIDIA**, asesorada por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante, debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 6 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 10 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 16 PTS. DIECISEIS (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 16 (DIECISEIS) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 16:30 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa significativa de mi vida, por orientarme en cada decisión y señalarme el camino adecuado. A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y enseñanzas, que han sido el pilar de mi formación personal y profesional; gracias por ser mi fuente constante de inspiración y motivación. Al Ing. Miguel Mosqueira, asesor de esta tesis, por su paciencia, compromiso y valiosas orientaciones, fundamentales para el desarrollo de este trabajo. A mi familia y amigos, por su apoyo y palabras de ánimo en los momentos más difíciles. Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a hacer posible este logro.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profundo cariño, a mis padres, quienes han sido mi principal ejemplo de esfuerzo, constancia y amor. Gracias por su apoyo incondicional, por impulsarme en los momentos de incertidumbre y por enseñarme que con disciplina y fe es posible alcanzar cualquier meta. Este logro no me pertenece únicamente a mí, sino también a ustedes, pues en cada página se refleja el resultado de sus sacrificios y el inmenso amor que siempre me han brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Hipótesis	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Alcances o delimitación de la investigación	3
1.6 Limitaciones	4
1.7 Objetivos	4
1.7.1 Objetivo General	4
1.7.2 Objetivos Específicos	4
1.8 Contenido de la investigación	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes Teóricos	7

2.1.1	Antecedentes Internacionales	7
2.1.2	Antecedentes Nacionales:	8
2.1.3	Antecedentes Locales:	10
2.2	Bases Teóricas	12
2.2.1	Componentes del concreto	12
2.3	Definiciones:	17
CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS		19
3.1	Ubicación Geográfica	19
3.2	Época de investigación	20
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.3.1	Técnica:	20
3.3.2	Instrumentos:	20
3.4	Procedimiento	21
3.4.1	Extracción y tratamiento de los agregados	22
3.4.2	Propiedades de los agregados	22
3.4.3	Resistencia a la compresión del concreto	29
3.5	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	29
3.5.1	Tipo, nivel, diseño y método de investigación.	29
3.5.2	Variables	29
3.5.3	Población de estudio.	30
3.5.4	Muestra	30

3.5.5	Unidad de análisis.....	30
3.5.6	Presentación de Resultados.	31
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		43
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		48
ANEXOS		53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Muestra de estudio.....	30
Tabla 2 Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso.....	31
Tabla 3 Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino.....	31
Tabla 4 Volúmenes absolutos por m ³ de los materiales por diseño de mezcla	32
Tabla 5 Materiales corregidos por humedad y proporciones por diseño de mezcla.....	33
Tabla 6 Valores de peso unitario de concreto fresco.....	34
Tabla 7 Valores de peso unitario de concreto endurecido a los 07 y 28 días de curado.	35
Tabla 8 Ensayo de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 y 28 días.....	37
Tabla 9 Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 5% a los 7 y 28 días.....	37
Tabla 10 Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 7.5% a los 7 y 28 días.....	38
Tabla 11 Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 10% a los 7 y 28 días.....	39
Tabla 12 Tabla resumen de ensayo a la compresión de los diseños de mezcla.....	40
Tabla 13 Resistencia a compresión promedio del concreto (7 y 28 días)	41
Tabla 14 Porcentajes de variación a los 7 días relativo al diseño patrón.	44
Tabla 15 Porcentajes de variación a los 28 días relativo al diseño patrón.	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen Satelital del laboratorio de la universidad.....	19
Figura 2 Imagen Satelital de cantera de extracción de agregados.....	20
Figura 3 Valores de peso unitario fresco (kg/m^3) vs porcentaje de remplazo.....	34
Figura 4 Valores de peso unitario de concreto fresco relativo (%) vs Porcentaje de remplazo.....	35
Figura 5 Valores de peso unitario de concreto endurecido (kg/m^3) vs Porcentaje de remplazo.....	36
Figura 6 Valores de peso unitario del concreto endurecido relativo (%) vs Porcentaje de remplazo.....	36
Figura 7 Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs Porcentaje de remplazo de agregado grueso por poliestireno expandido.	41
Figura 8 Resistencia a la compresión relativa (%) vs Porcentaje de remplazo de agregado grueso por poliestireno expandido.	42
Figura 9 Ensayo de análisis granulométrico – Pesado de material por tamiz	79
Figura 10 Ensayos de Gravedad especifica de agregados fino y grueso.....	79
Figura 11 Pesaje de agregado grueso en canastilla para ensayos de absorción y gravedad específica.	80
Figura 12 Pesaje de agregado grueso en canastilla para ensayos de absorción y gravedad específica.	80
Figura 13 Pesaje de agregado fino para ensayos de absorción y gravedad específica. .	81
Figura 14 Método del cono de arena para determinar la condición de saturado superficialmente seco (SSS) del agregado fino.....	81
Figura 15 Pesaje de materiales para ensayo de peso unitario suelto de agregados fino y grueso.....	82

Figura 16 Peso de contenedor con agua y medida de temperatura para cálculo de factor F	82
Figura 17 Elaboración de diseño de prueba	83
Figura 18 Prueba de slump de diseño de prueba	83
Figura 19 Especímenes 6"x12" de diseño de prueba	84
Figura 20 Rotura de probetas de diseño de prueba.....	84
Figura 21 Toma de medidas de probetas – Diámetro.....	85
Figura 22 Toma de medidas de probetas – Altura.....	85
Figura 23 Elaboración de probetas para diseño patrón y diseño al 5% de remplazo de poliestireno.....	86
Figura 24 Pesaje de agregados según dosificación de materiales	86
Figura 25 Mezclado de materiales para el diseño al 5% de remplazo de poliestireno ..	87
Figura 26 Prueba de slump para el diseño patrón.	87
Figura 27 Elaboración de probetas de diseño al 7.5% y al 10% de remplazo de poliestireno.....	88
Figura 28 Moldeo de probetas de diseño al 7.5% y 10% de remplazo de poliestireno .	88
Figura 29 Desmoldeo de probetas para curado de diseños al 7.5% y 10% de remplazo de poliestireno	89
Figura 30 Curado de probetas de diseño al 7.5% y al 10% de poliestireno	89
Figura 31 Rotura de probetas de diseño patrón y diseño al 5% de remplazo de poliestireno.....	90
Figura 32 Toma de medidas de probetas para cálculos de resistencia y volumen	90
Figura 33 Ensayo de compresión axial.....	91
Figura 34 Tipo de falla de probetas posterior al ensayo de compresión axial (Falla tipo V: fracturas en los lados)	91

Figura 35 Probetas ensayadas con falla Tipo V (fracturas en los lados) y falla tipo IV (fractura diagonal)	92
Figura 36 Rotura de probetas de diseño 7.5% y 10% de poliestireno	92
Figura 37 Rotura de probetas a los 28 días de diseño patrón y 5% de poliestireno	93

RESUMEN

El uso convencional del concreto representa un desafío en la construcción debido a su elevada densidad, lo que genera cargas muertas significativas y sobredimensión de elementos estructurales. Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar concretos estructurales livianos que optimicen las secciones de soporte sin comprometer la seguridad. La presente investigación evalúa los efectos del remplazo parcial del agregado grueso por esferas de poliestireno expandido (EPS) en porcentajes de 5%, 7.5% y 10% para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de diseño. Se analizaron comparativamente las variaciones en el peso volumétrico y la resistencia mecánica a la compresión a las edades de curado de 7 y 28 días frente a una mezcla patrón. Los resultados demuestran que la incorporación de EPS reduce eficazmente la densidad del material, logrando disminuciones del peso unitario superiores al 3% para los reemplazos de 7.5% y 10% (El concreto patrón alcanzó valores de 2358.39 kg/m^3 en estado fresco y 2352.20 kg/m^3 en estado endurecido). Sin embargo, esta reducción de peso conlleva una pérdida progresiva de la capacidad resistente: el reemplazo del 5% redujo la resistencia en -13.91% el 7.5% en -23.87% y el 10% en -43.69%, respecto al patrón (210.28 kg/cm^2). Se concluye que, aunque el poliestireno expandido es una alternativa viable para obtener concretos ligeros, el incremento en el porcentaje de sustitución afecta drásticamente la resistencia mecánica, limitando su aplicación según las exigencias estructurales del proyecto.

Palabras claves: peso volumétrico, resistencia a la compresión, poliestireno expandido, concreto.

ABSTRACT

The conventional use of concrete poses a challenge in construction due to its high density, which results in significant dead loads and the oversizing of structural elements. In response to this issue, there is a need to develop lightweight structural concretes that optimize load-bearing sections without compromising safety. This study evaluates the effects of partially replacing coarse aggregate with expanded polystyrene (EPS) spheres at substitution levels of 5%, 7.5%, and 10% for a design concrete strength of $f'_c = 210$ kg/cm². Variations in unit weight and compressive strength were comparatively analyzed at curing ages of 7 and 28 days against a control mixture. The results indicate that the incorporation of EPS effectively reduces the material density, achieving unit weight reductions greater than 3% for the 7.5% and 10% replacement levels (the control concrete reached values of 2358.39 kg/m³ in the fresh state and 2352.20 kg/m³ in the hardened state). However, this reduction in weight is accompanied by a progressive loss in load-bearing capacity: the 5% replacement decreased compressive strength by 7.95%, the 7.5% replacement by 22.45%, and the 10% replacement by 38.52% relative to the control mix (210.28 kg/cm²). It is concluded that, although expanded polystyrene represents a viable alternative for producing lightweight concrete, increasing the replacement percentage significantly affects mechanical strength, thereby limiting its application according to the structural requirements of the project.

Keywords: Unit weight, compressive strength, expanded polystyrene, concrete.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El concreto es el material predominante en la industria de la construcción; sin embargo, su uso convencional implica una desventaja crítica debido a su elevada densidad, la cual oscila típicamente entre 2,300 y 2,400 kg/m³ en su estado armado. Esta característica genera cargas muertas significativas que obligan a diseñar cimentaciones profundas, columnas y vigas de grandes dimensiones, incrementando el consumo de acero y los costos logísticos de la obra. Frente a esta problemática, la reducción del peso propio mediante el uso de concreto estructural liviano se vuelve fundamental, ya que permite optimizar las secciones de los elementos de soporte, reducir la fuerza sísmica transmitida a la estructura y mejorar propiedades como el aislamiento térmico y la resistencia al fuego, sin comprometer la capacidad mecánica requerida para la seguridad estructural (National Ready Mixed Concrete Association, 2024)

A nivel mundial, la incorporación de perlas de poliestireno expandido (EPS) en la mezcla de concreto se ha consolidado como una estrategia eficaz para la sostenibilidad y la eficiencia estructural. Investigaciones recientes destacan que sustituir los agregados tradicionales por EPS permite reducir la densidad del concreto hasta en un 40% y su conductividad térmica en un 50%, lo cual es crítico para la eficiencia energética; sin embargo, este aligeramiento conlleva el desafío técnico de equilibrar la disminución de la resistencia a la compresión para que se mantenga dentro de los límites permisibles para aplicaciones estructurales. Asimismo, estudios en Asia han validado que los bloques de concreto con EPS no solo reducen las cargas muertas, sino que representan una alternativa más económica frente a los materiales tradicionales como la arcilla cocida, demostrando su viabilidad en elementos no portantes (Ahmmed et al., 2023)

En el ámbito nacional, el uso de poliestireno expandido ha trascendido las aplicaciones no estructurales para integrarse en sistemas constructivos que responden a la alta sismicidad del Perú. Investigaciones desarrolladas en Lima y Cañete han evaluado muros portantes con adición de perlas de EPS, concluyendo que, aunque soportan una carga menor que la albañilería tradicional, ofrecen ventajas económicas significativas y un comportamiento dúctil aceptable para viviendas de interés social (Sánchez Gago, 2024). Paralelamente, en regiones como Huánuco, la implementación de sistemas de losas aligeradas con casetones de EPS y viguetas de acero ha demostrado reducir notablemente el peso sísmico y el cortante basal de las edificaciones, mejorando la rigidez y la respuesta estructural ante eventos sísmicos en comparación con los sistemas convencionales (Verdi Chahua, 2024)

El estudio de la sustitución del agregado grueso por poliestireno expandido en el concreto es un tema de gran relevancia en la ingeniería civil, debido a múltiples factores que impulsan esta investigación, la misma que tiene algunas de las causas más importantes como la sostenibilidad, economía y la disminución del peso estructural, puesto que el poliestireno expandido permite reducir la cantidad de material utilizado en la estructuras lo que implica ahorro en costos de transporte y construcción (Karthika et al., 2021).

Por lo tanto, el uso de poliestireno como reemplazo parcial del agregado grueso en el concreto, es una necesidad relevante a estudiar. Esta investigación busca ofrecer una alternativa más económica y sostenible en la construcción, mejorando las propiedades del concreto reduciendo el peso volumétrico reciclando un material no degradable

1.2 Formulación del problema

¿En cuánto varía el peso volumétrico y resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir el agregado grueso por poliestireno expandido en diferentes porcentajes?

1.3 Hipótesis

Al sustituir el agregado grueso por poliestireno en diferentes porcentajes en un concreto $f'c = 210$ kg/cm² disminuye el peso volumétrico del concreto en 3 % y la resistencia a la compresión en 10 %.

1.4 Justificación de la investigación

La investigación es justificada ya que el remplazo de agregado por poliestireno expandido en el concreto $f'c = 210$ kg/cm² representa una alternativa para reducir el peso propio de las estructuras sin afectar su desempeño.

Esta reducción de la densidad es fundamental para disminuir la carga muerta en las edificaciones, lo cual impacta directamente en el ahorro de costos de transporte y ejecución de obra.

Asimismo, el estudio posee una relevancia ambiental y económica significativa, al proponer el reciclaje de un material no degradable como el poliestireno dentro de la industria de la construcción.

1.5 Alcances o delimitación de la investigación

Para el diseño de mezcla, se obtuvo los agregados de la cantera "Aguilar", se utilizó esferas de 3/4" de poliestireno expandido y cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo.

Se realizó el remplazo del agregado grueso por poliestireno expandido en 5%, 7.5% y 10% (proporción en volumen seco)

La resistencia a la compresión considerada es de $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$ para el diseño de los porcentajes de remplazo de poliestireno.

El método de diseño empleado en esta tesis es el método de combinación de agregados.

1.6 Limitaciones

Una limitación técnica en la presente investigación es que no se realizaron los análisis químicos de los agregados.

No se realizaron ensayos a flexión del concreto, ni se consideran ensayos de durabilidad a largo plazo.

No se consideran ensayos térmicos o acústicos del concreto con adición poliestireno expandido.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Determinar la variación del peso unitario fresco y endurecido, y resistencia a compresión de un concreto (diseño $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$) al remplazar agregado grueso por poliestireno expandido en diferentes porcentajes.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Determinar el peso unitario fresco y endurecido, y resistencia a la compresión del concreto patrón (diseño $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$).

- Determinar del peso unitario fresco y endurecido de un concreto (diseño f^c 210 kg/cm²) al remplazar por poliestireno expandido en 5%, 7.5% y 10% del volumen.
- Determinar la resistencia a la compresión de un concreto (diseño f^c 210 kg/cm²) al remplazar agregado grueso por poliestireno expandido en 5%, 7.5% y 10% del volumen.

1.8 Contenido de la investigación

Capítulo I Introducción

En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, junto con la formulación de la hipótesis y la justificación del estudio, presentando los argumentos que sustentan la relevancia de analizar esta problemática en particular. Asimismo, se definen los alcances, se describen las limitaciones y los objetivos, precisando las metas y propósitos que se pretende lograr.

Capítulo II Marco Teórico

Se recopilan y analizan los antecedentes (internacional, nacional y local) vinculados con el estudio, con el fin de ofrecer un marco contextual amplio y comparativo. Posteriormente, se desarrollan las bases teóricas y los fundamentos conceptuales que permiten una adecuada comprensión del tema. Asimismo, se definen y describen las variables de la investigación, precisando los elementos esenciales que serán examinados y evaluados en relación con el remplazo de poliestireno en el concreto y sus implicancias teóricas.

Capítulo III Materiales y Métodos

Se expone de manera detallada la metodología aplicada en la investigación, incluyendo la descripción de la población de estudio y la muestra seleccionada. Así como, los procedimientos desarrollados y los resultados obtenidos a partir de los ensayos, orientados a evaluar las unidades de análisis de la tesis, del concreto con remplazo del agregado grueso por poliestireno expandido en porcentajes de 5%, 7.5% y 10%.

Capítulo IV Análisis y discusión de resultados

Se interpreta y analiza los resultados obtenidos de manera que pueda mostrar información sintetizada y clara para que se pueda contrastar la hipótesis. Se incorporan datos cuantitativos, análisis estadísticos y representaciones gráficas, con el propósito principal de mostrar los resultados de manera objetiva y comprensible.

Capítulo V Conclusiones y recomendación

Se orienta a resumir los principales hallazgos y resultados expuestos en los capítulos precedentes, en relación con los objetivos y la hipótesis planteados. Asimismo, se describen los aspectos que no fueron desarrollados en profundidad, considerándolos como oportunidades para futuras investigaciones, y se proponen distintos enfoques para superar las limitaciones detectadas y optimizar la metodología en trabajos posteriores.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Reyes & Torres (2020), en su trabajo de investigación "Paneles de concreto ligero de EPS reciclado para sistemas de losa en la ciudad de México", tuvo como objetivo el desarrollo de paneles prefabricados aligerados con poliestireno expandido reciclado para ser implementados en sistemas de losas de entrepiso bajo los criterios del reglamento de construcciones de la Ciudad de México. El diseño de mezcla utilizado buscó una resistencia nominal de 150 kg/cm², sin embargo, tras los ensayos de carga cilíndrica en paneles reforzados de 110x60x4 cm, los resultados arrojaron una resistencia de hasta 300 kg/cm², superando ampliamente el requerimiento mínimo normativo de 190 kg/cm² para entrepisos. El estudio concluyó que el uso de EPS reciclado no solo garantiza la ligereza necesaria para reducir las fuerzas sísmicas en la capital mexicana, sino que, combinado con un diseño de panel eficiente, proporciona una capacidad portante superior que optimiza el rendimiento estructural y económico de la obra.

Trejos & Suarez (2019), en su trabajo de investigación "Diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar el peso de las probetas y mejorar su resistencia a la compresión", realizada en Colombia, evaluó la dosificación óptima de poliestireno expandido reciclado (icopor) para producir mezclas que cumplan con los estándares de resistencia para edificaciones ligeras. A través de una serie de pruebas de laboratorio, los investigadores analizaron cómo diferentes proporciones de EPS afectan la masa unitaria y la integridad estructural de las probetas de concreto, buscando un equilibrio entre la ligereza y la capacidad portante exigida por la norma NSR-10. Los resultados mostraron que es posible aligerar significativamente el peso de los elementos constructivos manteniendo resistencias aceptables; con un 5% de

incorporación se alcanza 31.24% de la resistencia total, así mismo con un 15% se alcanza un 26.16% de la resistencia de diseño, concluyendo que el uso de poliestireno reciclado es una alternativa técnico-económica viable que además contribuye a la gestión de residuos sólidos en la industria de la construcción.

Barriga (2014), en su trabajo de investigación "Resistencia a la fatiga del hormigón liviano a base de perlitas de poliestireno pre expandido mediante el ensayo de tracción indirecta" de la Universidad Austral de Chile, investigó la durabilidad de mezclas de concreto liviano bajo cargas cíclicas, un factor crítico para su aplicación en pavimentos o elementos sometidos a vibración. Los ensayos mecánicos revelaron que la incorporación de perlas de poliestireno (a la edad de 28 días) disminuye progresivamente de la resistencia a la compresión, alcanzando valores de 62.75 kg/cm^2 para mezclas con densidades reducidas, lo que representa una caída de hasta el 82.5% respecto a un hormigón patrón de 320 kg/cm^2 . La investigación concluyó que, aunque la resistencia a la fatiga se ve mermada, el material adquiere una mayor capacidad de deformación y ductilidad debido a la inclusión del polímero, recomendando su uso en elementos donde la resiliencia y el bajo peso sean más determinantes que la rigidez axial.

2.1.2 Antecedentes Nacionales:

Sánchez Valverde (2022), en su trabajo de investigación "Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto utilizando material de la zona - Abancay 2022", tuvo como propósito determinar el efecto de dosificar perlas de EPS en un diseño de mezcla estructural estándar. Se manipuló la variable de adición de poliestireno para medir sus cambios en las propiedades frescas y endurecidas. Los resultados revelaron que se redujo proporcionalmente a la adición de poliestireno; el concreto fresco bajó de 2498.46 kg/m^3

(patrón) hasta 2245.41 kg/m³ con 15% de EPSD, A los 28 días, se superó la resistencia de diseño de 210 kg/cm². La mezcla con 5% de EPSD alcanzó 306.92 kg/cm², mientras que la de 15% obtuvo 237.37 kg/cm². La prueba "t de student" confirmó que las incorporaciones del 10% y 15% influyen significativamente en todas las propiedades analizadas, mientras que el 5% solo influyó significativamente en el peso unitario.

Arce et al. (2023), en su trabajo de investigación "Elaboración de concreto ligero con perlas de poliestireno expandido para estructura flotante, Pasco 2023", centró la investigación en evaluar la viabilidad de un concreto de densidad ultra-baja para aplicaciones en estructuras que requieren flotabilidad, sustituyendo los agregados naturales por perlas de poliestireno en proporciones elevadas del 80%, 90% y 100%. Los resultados determinaron la obtención de densidades excepcionalmente bajas, fluctuando entre 977 kg/m³ y 1149 kg/m³, cumpliendo con la clasificación de concreto liviano al ser inferiores al límite normativo de 1900 kg/m³. La mezcla con un 90% de poliestireno alcanzó 72.26 kg/cm² de resistencia (28 días), lo que representa el 41.29% de la resistencia de un concreto convencional, concluyendo que el material es apto para elementos no estructurales que requieran ligereza y capacidad de flotación total, la cual fue comprobada cualitativamente en laboratorio.

Chuquizapon et al. (2020), en su trabajo de investigación "Influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas, Trujillo 2020", evaluó cómo la densidad intrínseca del EPS influye en el comportamiento de un concreto diseñado para fines estructurales en edificaciones de la ciudad de Trujillo. Mediante ensayos de laboratorio, se determinó que el uso de perlas con densidades mayores (cercasas a 20 kg/m³) favorece la transferencia de esfuerzos en la matriz,

logrando 287 kg/cm^2 de resistencia y peso unitario de 2170 kg/m^3 , lo que permite clasificarlo como concreto ligero estructural según los estándares del ACI. Se concluyó que, a mayor densidad de la perla de poliestireno, se obtuvo un aumento de la resistencia a la flexión (43 kg/cm^2) y un asentamiento controlado de 10 cm, demostrando que es posible optimizar el peso muerto en losas aligeradas sin comprometer la seguridad estructural.

Ramos, & Sleyter (2020), en su trabajo de investigación "Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo", analizaron el impacto de sustituir el agregado fino por perlas de EPS en porcentajes de 20%, 40% y 60% para la fabricación de bloques de concreto, evaluando su desempeño físico-mecánico bajo las condiciones climáticas de Huancayo. Los resultados indicaron que el peso unitario se redujo de 2279.57 kg/m^3 a un mínimo de 1087.34 kg/m^3 , a la vez disminuyó entre un 23.21% y un 54.21% de la resistencia a la compresión. Específicamente, la dosificación con un 20% de EPS y una relación a/c de 0.6 alcanzó una resistencia de 77.77 kg/cm^2 , lo que permitió clasificar a la unidad como bloque de concreto Tipo II según la normativa peruana, concluyendo que estas unidades son viables para muros de albañilería donde se busque reducir el peso de la edificación.

2.1.3 Antecedentes Locales:

Ayay y Rodriguez (2024), en su trabajo de investigación "Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo para techo con sustitución de agregado grueso por poliestireno expandido (eps) reciclado, Cajamarca-2023", tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de unidades de albañilería para techo reemplazando el agregado grueso por EPS reciclado de embalajes industriales. La metodología incluyó cuatro diseños de mezcla para medir la viabilidad técnica y económica bajo la norma E.070 del RNE. Los

resultados revelaron que la resistencia a la compresión del ladrillo patrón fue de 41.7 kg/cm², mientras que la mezcla con un 0.10% de EPS alcanzó un valor máximo de 37.36 kg/cm², concluyéndose que el material cumple con los requerimientos mínimos de seguridad para ladrillos de techo, con un incremento de costo poco significativo.

Díaz (2019), en su trabajo de investigación "Eficiencia económica y estructural del ladrillo de concreto para losa aligerada con adición de poliestireno en diferentes porcentajes", evaluó el impacto de sustituir parcialmente componentes del concreto por poliestireno para mejorar la eficiencia en sistemas de techado en la ciudad de Cajamarca. La investigación determinó que, si bien la adición de poliestireno incrementa la eficiencia económica y resta peso muerto en la estructura (eficiencia estructural), la resistencia a la compresión es cada vez inferior. Específicamente, los resultados mostraron disminuciones en la resistencia de hasta 39.19 kg/cm² según el porcentaje de adición, partiendo de una muestra patrón que registraba 78.82 kg/cm².

Rodríguez (2017), en su trabajo de investigación "Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural – Cajamarca" elaboró dosificaciones de concreto ligero 48.58 kg/cm² de densidad 1200, 1400 y 1600 kg/m³, según las guías ACI 523.3R-14, con cemento Pacasmayo tipo I, arena y poliestireno expandido. Las dosificaciones fueron evaluadas mediante ensayos en cubos de concreto de 10 cm, identificándose como mezcla óptima aquella compuesta por 37.68 kg/m³ de poliestireno expandido con densidad de 10 kg/m³, respectivamente. Asimismo, se fabricaron bloques de concreto con poliestireno de dimensiones 39 × 19 × 9 cm, los cuales alcanzaron un valor de 62.75 kg/cm² de resistencia y 7.70% de absorción. Se concluyó que dichos bloques cumplen con la normativa E.070, presentan peso reducido respecto a lo convencional; sin embargo, su costo es mayor en 0.95 soles.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Componentes del concreto

2.2.1.1 Agregados

Los agregados se consideran un cúmulo de partículas de diversos tamaños, las cuales se procesan y/o manufacturan. Sus dimensiones deben ajustarse a los rangos que terminan las normas técnicas como la ASTM C33 o la NTP 400.037. Estos materiales ocupan más del 60% del volumen absoluto del concreto, por lo que su calidad, granulometría y resistencia son determinantes para la durabilidad y el desempeño mecánico de la mezcla final. Se clasifican generalmente en agregado fino (arena) y agregado grueso (grava o piedra), dependiendo de si pasan o son retenidos por el tamiz N° 4. (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021)

2.2.1.2 Agregado fino

Agregado derivado de la descomposición natural o artificial de las rocas, en donde sus partículas pasan el tamiz 3/8'' y son retenidas en el tamiz N° 200. (INACAL, 2021)

2.2.1.3 Agregado Grueso

Derivado de la grava o de la trituración natural o artificial de la piedra, en donde sus partículas pasan el tamiz N° 4. (INACAL, 2021)

2.2.1.4 Propiedades físicas de los agregados.

Peso Unitario. El peso unitario es influenciado por condiciones intrínsecas tales como: granulometría, contenido de humedad, gravedad específica, perfil y textura superficial, y de factores externos como: relación del diámetro nominal máximo con el volumen de recipiente, grado de compactación impuesto, entre otros. (INACAL, 2020)

Se clasifica en:

Peso Unitario Suelto (P.U.S.). Es el valor que se obtiene de la relación entre el peso y el volumen del agregado que cae sobre el recipiente, hasta llenarlo por acción de la gravedad. (INACAL, 2020)

Peso Unitario Compactado (P.U.C.). Ensayo parecido al peso unitario suelto, pero con la diferencia de que se compacta el agregado por capas usando una varilla normalizada. (INACAL, 2020)

Peso Específico. Se puede definir como la relación entre el peso de un material y el peso del agua que ocupa el mismo volumen; este parámetro resulta fundamental en los cálculos del diseño de mezcla de concreto. Con el valor del peso específico obtenido, el material se puede clasificar en: (INACAL, 2024)

Absorción. Es la capacidad del material para retener agua en sus poros después de permanecer sumergido en ella durante un período de 24 horas. El contenido de absorción incide directamente en la cantidad de agua empleada en la dosificación del concreto, pudiendo modificar propiedades como la resistencia y la trabajabilidad del material. (INACAL, 2024)

Contenido de humedad. Los agregados en su estado natural presentan humedad en su superficie, y con el contenido de humedad establece la cantidad de agua que contiene, este valor varía según las condiciones ambientales y el tiempo de almacenaje; por lo que es importante tener ya que dicho valor influye en la dosificación del agua en el concreto e influye en la resistencia y otras propiedades de éste. (INACAL, 2021)

Granulometría. Es la propiedad la cual permite determinar la distribución de las partículas agregados fino y grueso en función a su tamaño. Estos valores se obtienen mediante la separación de las partículas utilizando una serie de tamices ordenados

igualmente en función a su tamaño de abertura. La norma NTP 400.037 establece los límites granulométricos aplicables tanto al agregado fino como al agregado grueso. (INACAL, 2018)

2.2.1.5 Cemento

“Cemento Portland: cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más, de lo siguiente: agua, sulfato de calcio, hasta un 5 % de piedra caliza y adiciones de procesamiento.” (INACAL, 2022, p. 9)

“El cemento Portland es una mezcla de silicato tricálcico (C_3S), silicato dicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y ferritoaluminato tetracálcico (C_4AF).” (Saghiri et al., 2020)

Tipos de cemento:

TIPO I: Se emplea de manera general en la construcción con hormigón bajo condiciones normales, destinado a aplicaciones comunes como estructuras, pavimentos, bloques y tubos de hormigón. (INACAL, 2020)

TIPO II: Es generalmente apropiado para obras hidráulicas, debido a su calor de hidratación moderado y a su resistencia media frente a los sulfatos. (INACAL, 2020)

TIPO III: Presenta un desarrollo rápido de alta resistencia, por lo que se recomienda como alternativa al cemento tipo I en obras de emergencia; bajo las mismas condiciones, alcanza una resistencia determinada en aproximadamente un tercio del tiempo requerido por el cemento tipo I. (INACAL, 2020)

TIPO IV: Presenta un bajo calor de hidratación, por ello es adecuado para la construcción de elementos de gran espesor, como presas, al minimizar calor durante la hidratación en el fraguado (INACAL, 2020)

TIPO V: Posee elevada resistencia frente a los sulfatos, por lo que se recomienda para cimentaciones sometidas a la acción de aguas sulfatadas y ambientes agresivos. (INACAL, 2020)

2.2.1.6 Resistencia a la compresión del concreto:

La resistencia a la compresión se define como la carga máxima alcanzada durante el ensayo por cada unidad de área promedio de la superficie circular de la probeta. (INACAL, 2021)

2.2.1.7 Peso unitario del concreto fresco

Es un parámetro que mide la masa dividida por el volumen de la mezcla en su estado plástico, antes del fraguado. Su determinación se realiza bajo la norma ASTM C138 y es fundamental para el control de calidad en obra, ya que permite verificar el rendimiento de la mezcla, el contenido de aire y detectar variaciones en las proporciones de los materiales. Una densidad adecuada en esta etapa asegura que el material podrá soportar las cargas de diseño y garantiza la homogeneidad durante el transporte y colocación. (INACAL, 2023)

2.2.1.8 Peso unitario del concreto endurecido

El peso unitario del concreto endurecido es un parámetro esencial para el diseño estructural, ya que determina las cargas muertas que actuarán sobre la edificación. Este valor se mide usualmente a los 28 días de curado. En aplicaciones de aligeramiento, el

uso de materiales de baja densidad permite reducir este valor significativamente por debajo de los 2200-2400 kg/m³ típicos del concreto convencional. (INACAL, 2013)

2.2.1.9 Método de combinación de agregados para diseño de mezcla

El método de combinación de agregados, específicamente el basado en el "módulo de finura de la combinación", busca obtener la proporción óptima entre agregado fino y grueso para lograr una mezcla trabajable con la mínima cantidad de vacíos. Este procedimiento establece un módulo de finura ideal (mc) en función del tamaño máximo nominal del agregado y el contenido de cemento por metro cúbico. Al ajustar la granulometría global de los agregados a este valor óptimo, se maximiza la densidad y se optimiza la demanda de agua, mejorando así la resistencia final del concreto. (Herradda et al, 2024)

2.2.1.10 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es un material plástico celular y ligero, compuesto en un 98% por aire encerrado dentro de una estructura de polímero de estireno. Posee una densidad extremadamente baja (comúnmente entre 10 y 35 kg/m³), lo que lo convierte en un insumo ideal para aligerar elementos de concreto y proporcionar un alto aislamiento térmico y acústico. En la construcción, se incorpora en forma de perlas (PPE) que actúan como vacíos controlados dentro de la matriz cementicia, reduciendo el peso propio de la estructura y mejorando su eficiencia energética. (Villalta, 2023)

Definición y Estructura para el Aligeramiento

El poliestireno expandido, cuya fabricación se logra mediante el moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno, genera una estructura interna compuesta por células cerradas repletas de aire. Una de las características fundamentales de este material, que

lo hace indispensable para la producción de concreto liviano, es su baja densidad inherente. Los productos de EPS utilizados en la construcción pueden presentar densidades que fluctúan entre 10 kg/m^3 y 35 kg/m^3 . Esta baja densidad, combinada con una alta resistencia mecánica estructural, permite que el EPS actúe eficazmente como un agregado liviano, reduciendo sustancialmente la carga final sobre la estructura de concreto. (RAI Pintores Industriales, 2023).

2.3 Definiciones:

Resistencia a la compresión: Es la capacidad que posee un espécimen de concreto para resistir cargas axiales antes de fallar por fractura. Se calcula dividiendo la carga de ruptura entre el área transversal ensayada. (INACAL, 2021)

Peso volumétrico: Parámetro que define la masa del concreto por unidad de volumen. Es fundamental para determinar las cargas muertas en estructuras y verificar el rendimiento de la mezcla en estado fresco. (INACAL, 2021)

Cemento: Aglutinante hidráulico que, al ser mezclado con agua mediante hidratación, forma una pasta resistente. Su función principal es recubrir y unir los agregados en una masa sólida similar a una roca. (INACAL, 2020)

Agregado fino: Conjunto de partículas pétreas que pasan el tamiz de 9.5 mm y se retienen en el de $75 \mu\text{m}$. Generalmente proviene de la desintegración natural de las rocas o trituración mecánica. (INACAL, 2021)

Agregado grueso: Material pétreo compuesto por fragmentos que quedan retenidos en el tamiz de 4.75 mm. Proporciona estabilidad volumétrica, cuerpo y resistencia mecánica al concreto, reduciendo los costos de la mezcla. (INACAL, 2021)

Poliestireno: Material plástico celular y rígido obtenido a partir del estireno. Su estructura, compuesta por aire en un 98%, lo hace extremadamente ligero y un excelente aislante térmico en aplicaciones constructivas. (Grupo Valero, 2024)

CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación Geográfica

Los ensayos para este estudio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Diaz” el cual se encuentra en la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en Cajamarca, Perú

Figura 1

Imagen Satelital del laboratorio de la universidad



Nota: obtenido de Google Earth Pro

Coordenadas geográficas: Latitud: -7.167027 Longitud: -78.496911

Coordenadas UTM: Este: 776455.10 m Norte: 9207033.00 m

Ubicación de Cantera

Figura 2

Imagen Satelital de cantera de extracción de agregados



Nota: Obtenido de Google Earth Pro

Coordenadas geográficas: Latitud: -7.149885

Longitud: -78.465969

Coordenadas UTM: Este: 779876.10 m

Norte: 9208946.45 m

3.2 Época de investigación

Los ensayos de campo fueron llevados a cabo entre julio y agosto del 2025

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos usados en este estudio se describen a continuación:

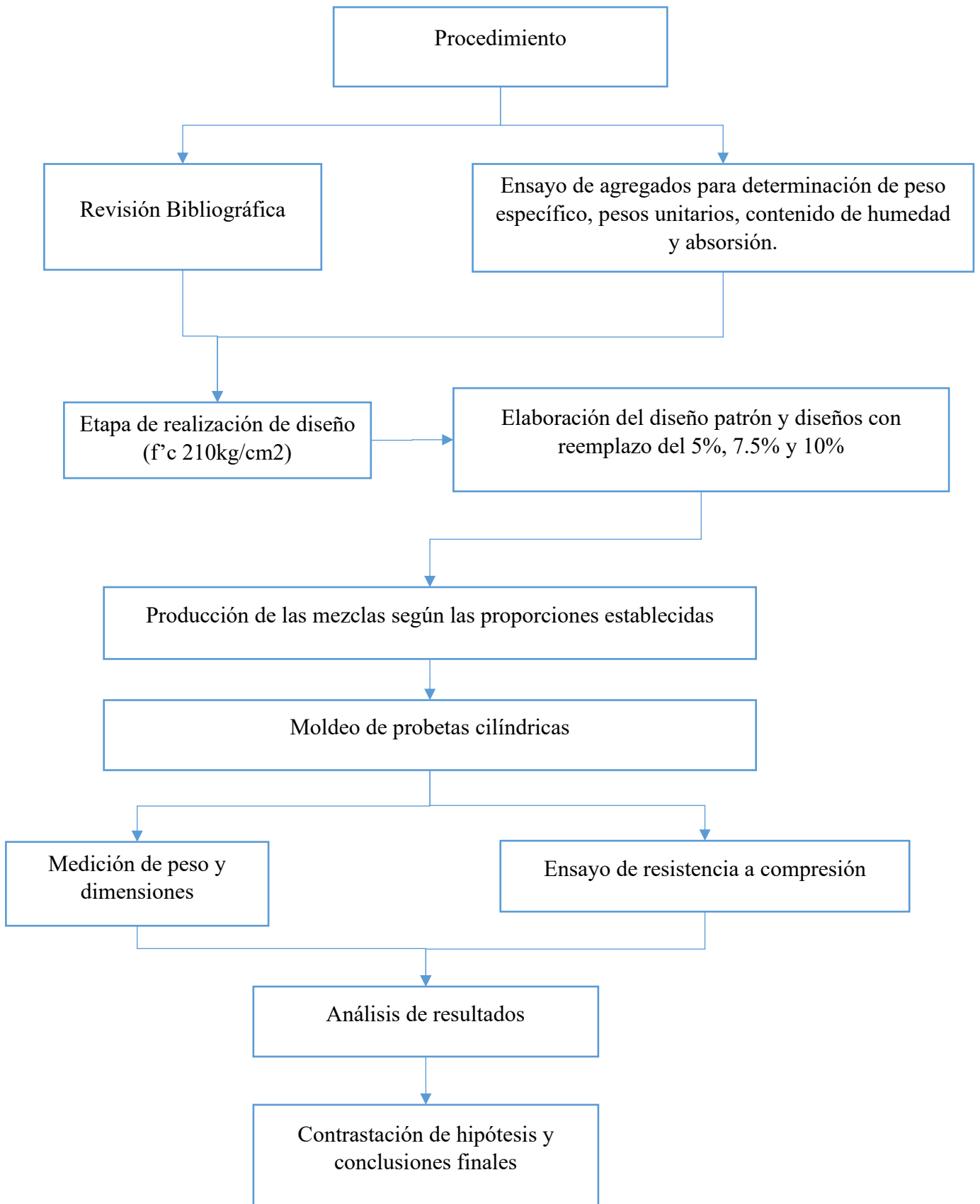
3.3.1 Técnica:

- Observación experimental
- Ensayo de laboratorio de materiales

3.3.2 Instrumentos:

- Registro de laboratorio.

3.4 Procedimiento



3.4.1 Extracción y tratamiento de los agregados

Para la extracción se tomó en cuenta lo establecido en la NTP 400.010:2020 y ASTM D75. Para seleccionar la muestra utilizada en los ensayos se realizó por medio el método de cuarteo según la NTP 400.043 y ASTM C702, el cual consiste en separar un conjunto de material y dividirlo en 4 partes, de la cual se descartan los cuartos opuestos, con los cuales se forma otro grupo de agregados y se repite el proceso hasta alcanzar el tamaño deseado.

3.4.2 Propiedades de los agregados

3.4.2.1 Peso específico y absorción

Agregado grueso

Luego de seleccionar la muestra, se efectuó el tamizado empleando una malla de 4.75 mm (N.º 4), descartándose el material que pasó por ella. El material retenido fue lavado para remover polvo. Posteriormente, el agregado se sumerge en agua a aproximadamente 20°C durante 24 horas. Cumplido este tiempo, la muestra se retiró y se secó superficialmente con un paño absorbente, procediéndose a pesarla en condición Saturado Superficialmente Seco (SSS), obteniéndose el peso (B). Según NTP 400.021 y ASTM C-127

A continuación, se llenó un recipiente con agua y mediante una balanza modificada, se registró el peso de la muestra sumergida en agua obteniéndose (C). Luego, la muestra fue colocada en un horno a 110 °C, y una vez enfriada, se determinó el peso final (A).

A: Peso de muestra seca (en horno por 24 horas) (g)

B: Peso de muestra saturada superficialmente seca (g)

C: Peso de muestra saturada en agua (g)

Peso específico de masa

$$P.e = \frac{A}{B - C}$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca

$$P.e_{sss} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente

$$P.e_a = \frac{A}{A - C}$$

Absorción

$$A_{bs} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Agregado fino

Se repite el proceso realizado en el agregado grueso, pero para verificar la condición de humedad superficial, la muestra se realizó un ensayo utilizando un molde troncocónico, como indica las normas NTP 400.022 y ASTM C-128, cuando la muestra se desmorona al retirar el molde, el ensayo finaliza. Se realizan los pesos en la fiola con agua llena hasta 500 cm³, con y sin material para determinar los valores necesarios:

A: Peso de muestra seca (en horno por 24 horas) (g)

B: Peso de la fiola llena de agua hasta 500 cm³.

C: Peso de la fiola con muestra y agua hasta 500 cm³.

S: Peso de muestra saturada superficialmente seca (g)

Peso específico de masa

$$P. e = \frac{A}{B + S - C}$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca

$$P. e_{sss} = \frac{S}{B + S - C}$$

Peso específico aparente

$$P. e_a = \frac{A}{B + A - C}$$

Absorción

$$A_{bs} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Análisis granulométrico

Posterior a la selección de muestra, se seca el material mediante un horno por 24 horas, se realiza el tamizado con los tamices respectivos según el agregado y se registran los pesos obtenidos individualmente siguiendo los lineamientos la NTP 400.012 y ASTM C-136. Se obtiene con estos datos, según la NTP 400.037, el tamaño máximo nominal

(como el primer tamiz retenido según NTP 400.11) y el módulo de finura según las siguientes ecuaciones

$$MF (ag. grueso) = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado } (N^{\circ}4, 3/8", 3/4", 1 1/2") + 500}{100}$$

$$MF (ag. fino) = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado } (N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4)}{100}$$

Contenido de humedad

Se obtiene el peso de la muestra en estado natural, y la misma muestra se somete a secado en horno durante 24 horas, y se procede a pesar una vez enfriado. Con ambos datos se realiza el cálculo de contenido de humedad según la NTP 339.185 y ASTM C-566

$$P = \frac{W - D}{D} * 100$$

Donde:

P: Contenido de Humedad de la muestra (%)

W: Peso de la muestra húmeda (g)

D: Peso de la muestra seca (g)

Diseño de mezcla concreto patrón

- 1- Se selecciona la resistencia promedio requerida f'_{cr} , considerando una relación $f'_{cr} / f'_c = 1.1$, debido a que el mezclado se realizó bajo condiciones óptimas de laboratorio, se define un slump de 3 - 4 pulgadas sin aire incorporado.

- 2- Se establece volumen de agua y contenido de aire por metro cubico, según el TMN del agregado grueso, slump y considerando concreto sin aire incorporado
- 3- Se calculó la relación agua cemento en función de la resistencia de diseño estimada anteriormente, mediante método de interpolación de datos tabulares.
- 4- Con la relación a/c se calcula el contenido de cemento, el rendimiento y el volumen absoluto de la pasta y con este el volumen de los agregados por metro cubico.
- 5- Mediante tablas del método de combinación de agregados, se determina el módulo de combinación de agregados el cual se procede a corregir en función del porcentaje de vacíos.
- 6- Se procede a calcular el volumen absoluto de los agregados fino y grueso en función de los módulos de finura y módulo de combinación siguiendo el método respectivo.
- 7- Se calcula los pesos de los materiales con los pesos específicos respectivos y se procede a corregir por humedad teniendo en cuenta la absorción y contenido de humedad de los agregados, obteniendo finalmente la proporción en peso y volumen del diseño de mezcla.

Con la dosificación obtenida se prepararon dos tandas de mezcla para diez probetas, las cuales fueron ensayadas a los 7 y 28 días.

Diseño de mezcla con remplazo por poliestireno expandido (5%, 7.5% y 10%)

- 1- Siguiendo los pasos anteriores hasta la determinación de volumen de materiales por metro cúbico, se procedió a remplazar el agregado grueso por poliestireno expandido.

- 2- Se recalcula los pesos por metro cubico de concreto y se realiza la corrección por humedad respectiva, obteniendo las nuevas proporciones de mezcla.

Elaboración de probetas

- 1- Una vez definidos el diseño patrón y con remplazo de agregado grueso por poliestireno expandido, se fabricaron un total de 64 probetas.
- 2- Se pesaron los materiales conforme a las dosificaciones establecidas para cada diseño de mezcla correspondiente.
- 3- Se realiza el mezclado mediante trompo para asegurar una distribución homogénea.
- 4- Se procede a medir el slump, verificando que tenga la consistencia deseada se inicia el moldeo de las probetas.
- 5- El moldeo se realiza en tres capas las cuales fueron compactadas con una varilla metálica y vibrada mediante golpes con martillo de goma
- 6- Se repite el procedimiento para todas las probetas, y se las deja en un lugar seguro y fresco para su fraguado.

Peso unitario fresco y endurecido de las probetas

Peso unitario del concreto en estado fresco

Para el ensayo de peso unitario se siguió los lineamientos de la NTP 339.046, se procede a pesar el molde con el concreto y se realizan los cálculos correspondientes considerando el peso del molde y factor F previamente calculado. Se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$PUF = (W_{c+m} - W_m) * F$$

Donde:

PUF: Peso unitario del concreto fresco (kg/m³)

W c+m: Peso de concreto más molde (kg)

Wm: Peso del molde (kg)

Factor f (1/m³)

Peso unitario del concreto endurecido

Para este proceso se determina el diámetro promedio de la probeta, así como la altura de la probeta, con los cuales se determinó su volumen. Posteriormente, la probeta fue pesada y se registraron los valores obtenidos, los mismos que se utiliza en la siguiente fórmula:

$$PUE = \frac{P}{V}$$

Donde:

PUE: Peso unitario del concreto endurecido (kg/m³)

P: Peso de la probeta (kg)

V: Volumen del espécimen de concreto (m³)

3.4.3 Resistencia a la compresión del concreto

Se realiza siguiendo lo que establece la NTP 339.034, registrando la carga máxima registrada en la máquina de ensayo de compresión axial, y teniendo en cuenta el valor de diámetro promedio calculado anteriormente. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$f'c = \frac{P}{A} * 1000$$

Donde:

$f'c$ = resistencia en compresión del concreto (kg/cm²)

P = Carga máxima alcanzada (kg)

A = Área promedio de superficie circular de la probeta (cm²)

3.5 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.5.1 Tipo, nivel, diseño y método de investigación.

Tipo: Aplicada, se enfoca la investigación a determinar la solución de un problema específico, como lo son las variables estudiadas.

Nivel o alcance: Correlacional, debido a que estudio tuvo como objetivo determinar la relación de interdependencia entre dos variables específicas.

Enfoque: Cuantitativo, debido a que se obtienen datos numéricos que, mediante mediciones y el uso de métodos estadísticos, permitieron contrastar la hipótesis planteada.

3.5.2 Variables

Variables dependientes: Resistencia a la compresión y peso volumétrico del concreto.

Variable independiente: Porcentaje de reemplazo volumétrico de agregado grueso por poliestireno.

3.5.3 Población de estudio.

La población de estudio estuvo constituida por probetas cilíndricas de concreto de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, correspondientes a un concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para diseño Patrón y diseños con adición de poliestireno en porcentajes de 5%, 7.5% y 10%, para las edades: 7 y 28 días.

3.5.4 Muestra.

Muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, considerando 8 probetas por edad y porcentaje de remplazo, alcanzando un total de 64 probetas, tal como se detalla en la tabla 01.

Tabla 1

Muestra de estudio

Tipo de Ensayo	Edad de Análisis (días)	Concreto Patrón	Porcentaje de Poliestireno			
			5%	7.5%	10%	Parcial
Resistencia a la compresión,	7	8	8	8	8	32
Peso Volumétrico	28	8	8	8	8	32
Total de especímenes						64

3.5.5 Unidad de análisis.

El peso volumétrico del concreto y la resistencia a la compresión.

3.5.6 Presentación de Resultados.

3.5.6.1 Propiedades del agregado grueso

Tabla 2

Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso

Propiedades	Valor	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4	pulg.
Módulo de finura	6.902	-
Peso específico de masa	2.540	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.591	g/cm ³
Peso específico aparente	2.676	g/cm ³
Peso unitario suelto	1501.82	kg/m ³
Peso unitario compactado	1485.04	kg/m ³
Contenido de humedad	0.43/0.35	%
Absorción	2.004	%

3.5.6.2 Resultados de las propiedades físicas del agregado fino

Tabla 3

Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino

Propiedades	Valor	Unidad
Módulo de finura	2.517	-
Peso específico de masa	2.558	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.614	g/cm ³
Peso específico aparente	2.708	g/cm ³

Peso unitario suelto	1424.51	kg/m ³
Peso unitario compactado	1742.55	kg/m ³
Contenido de humedad	0.950	%
Absorción	2.160	%

3.5.6.3 Diseño de mezclas patrón y con adición de poliestireno

3.5.6.3.1 Cantidades de materiales por diseño de mezcla.

Tabla 4

Volúmenes absolutos por m³ de los materiales por diseño de mezcla

Materiales	Volúmenes Absolutos Secos por diseño				Und.
	Patrón	5%	7.5%	10%	
Cemento	0.1020	0.1020	0.3438	0.3345	m ³
Agua	0.2050	0.2050	0.0279	0.0372	m ³
Aire (%)	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	m ³
Agregado fino seco	0.3014	0.3014	0.3014	0.3014	m ³
Agregado grueso seco	0.3716	0.3530	0.3438	0.3345	m ³
Poliestireno Expandido	0.0000	0.0186	0.0279	0.0372	m ³

Nota se verifica que la suma del agregado grueso y el poliestireno expandido es igual a 0.371626 m³, obtenido en el concreto patrón.

Tabla 5

Materiales corregidos por humedad y proporciones por diseño de mezcla.

Materiales	Proporción en peso				Proporción en volumen				und.
	Patrón	5%	7.5%	10%	Patrón	5%	7.5%	10%	
Cemento	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Agregado fino seco	2.468	2.468	2.469	2.469	2.580	2.580	2.580	2.580	-
Agregado grueso seco	3.008	2.858	2.779	2.706	3.000	2.850	2.770	2.700	-
Agua de mezclado	30.945	30.845	30.847	30.796	30.950	30.850	30.850	30.800	lts/bolsa
Poliestireno expandido	0.000	2.505	3.758	5.011	0.000	2.505	3.758	5.011	m3/bolsa

3.5.6.4 Valores de peso unitario de concreto fresco

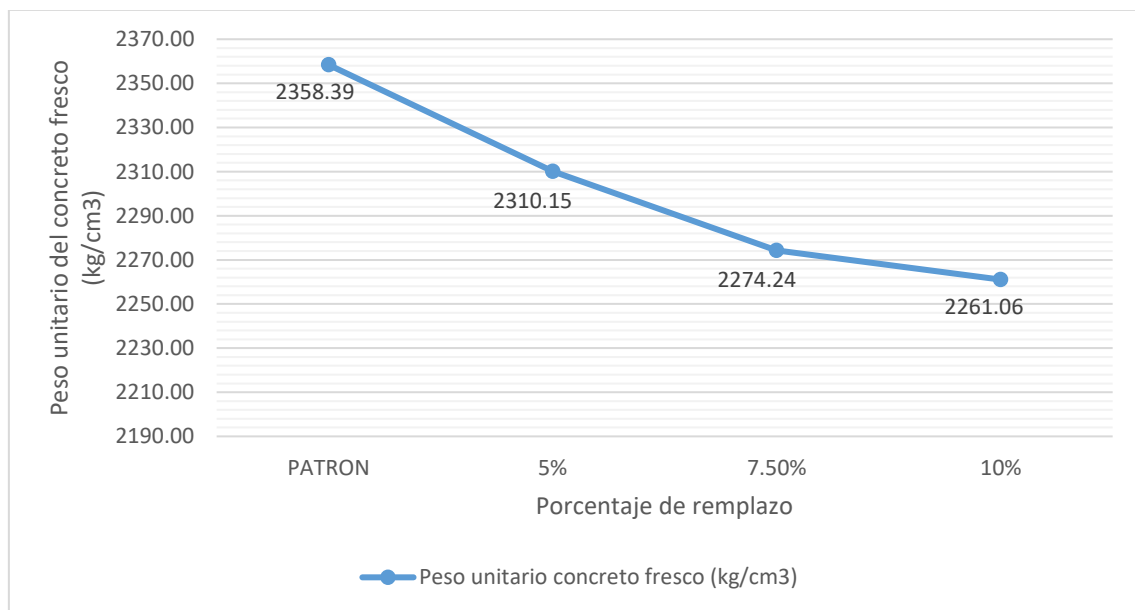
Tabla 6

Valores de peso unitario de concreto fresco.

Diseño	Peso unitario fresco	Unidad
Patrón	2358.392	kg/cm ³
5% poliestireno	2310.147	kg/cm ³
7.5% poliestireno	2274.239	kg/cm ³
10% poliestireno	2261.056	kg/cm ³

Figura 3

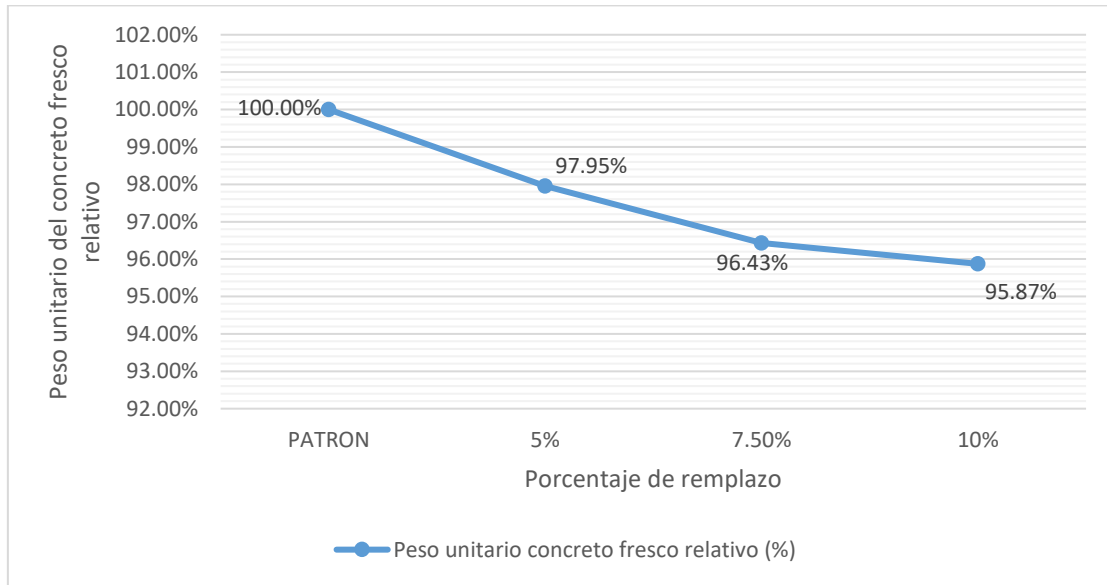
Valores de peso unitario fresco (kg/m³) vs porcentaje de remplazo.



Nota: Las líneas muestra la caída del peso frente al aumento del porcentaje de remplazo.

Figura 4

Valores de peso unitario de concreto fresco relativo (%) vs Porcentaje de remplazo.



Nota: Las líneas muestra la caída del peso relativo frente al aumento del porcentaje de remplazo.

3.5.6.5 Valores de peso unitario de concreto endurecido

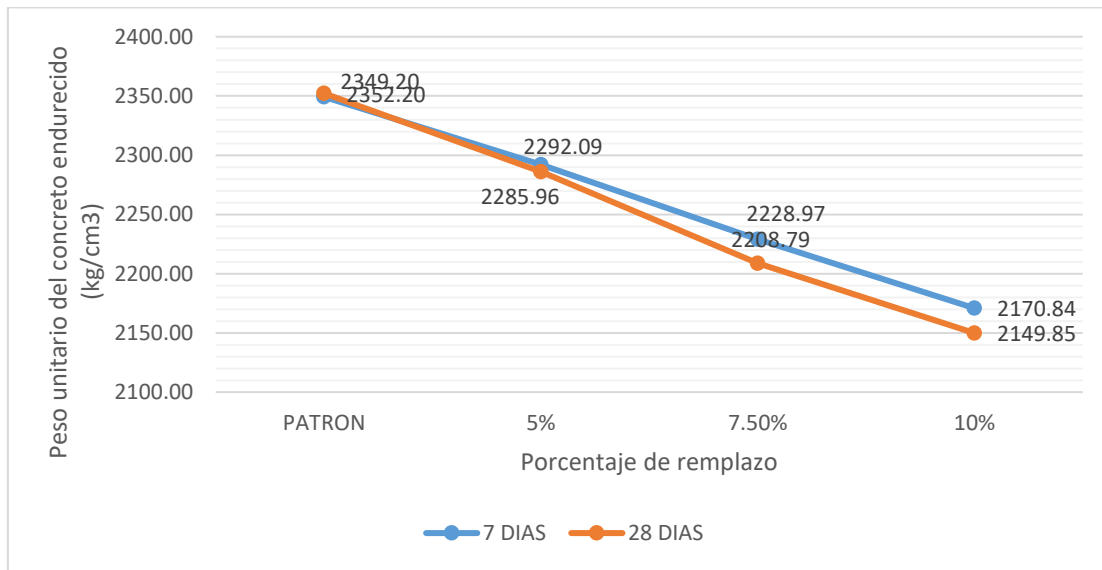
Tabla 7

Valores de peso unitario de concreto endurecido a los 07 y 28 días de curado.

Diseño	Peso unitario endurecido			
	7 días	Unidad	28 días	Unidad
Patrón	2349.199	kg/cm ³	2352.203	kg/cm ³
5% poliestireno	2292.088	kg/cm ³	2285.958	kg/cm ³
7.5% poliestireno	2228.975	kg/cm ³	2208.786	kg/cm ³
10% poliestireno	2170.843	kg/cm ³	2149.855	kg/cm ³

Figura 5

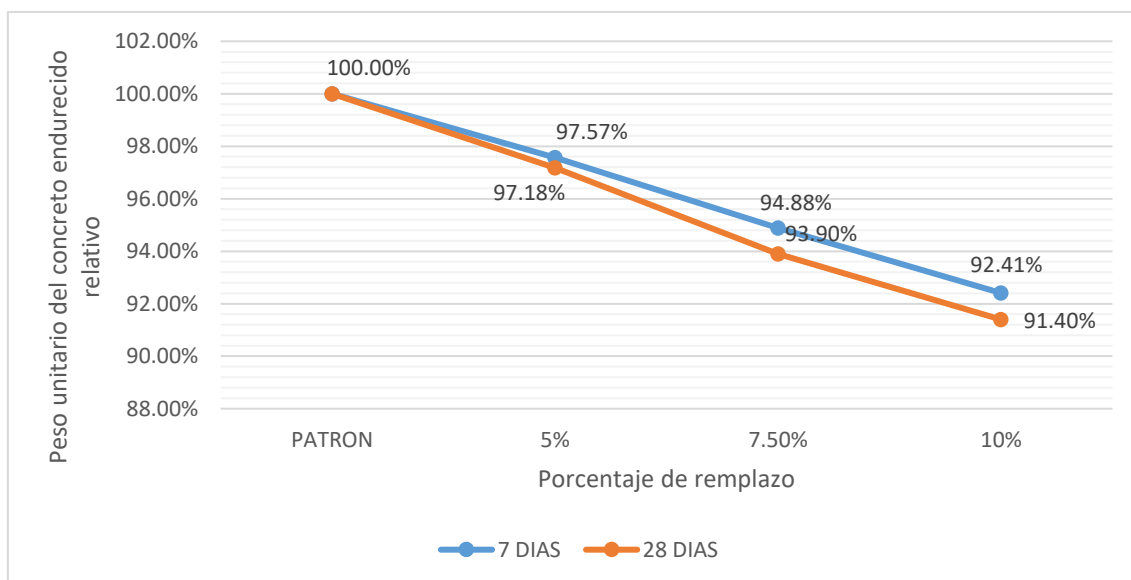
Valores de peso unitario de concreto endurecido (kg/m³) vs Porcentaje de remplazo.



Nota: Las líneas muestra la caída del peso frente al aumento del porcentaje de remplazo a los 7 y 28 días.

Figura 6

Valores de peso unitario del concreto endurecido relativo (%) vs Porcentaje de remplazo.



Nota: Las líneas muestra la caída del peso relativo frente al aumento del porcentaje de remplazo a los 7 y 28 días.

3.5.6.6 Resultados de ensayos de resistencia a compresión

3.5.6.6.1 Resultados estadísticos de resistencia a la compresión

Tabla 8

Ensayo de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 y 28 días.

Muestra	Resistencia a la compresión		
	07 días	28 días	Unidad
M - 1	164.560	211.953	kg/cm ²
M - 2	167.956	207.539	kg/cm ²
M - 3	165.923	212.901	kg/cm ²
M - 4	172.698	208.941	kg/cm ²
M - 5	169.500	211.633	kg/cm ²
M - 6	167.250	213.225	kg/cm ²
M - 7	168.800	209.513	kg/cm ²
M - 8	168.100	206.564	kg/cm ²
Resistencia Media	168.098	210.284	kg/cm ²
Varianza	5.944	6.268	(kg/cm ²) ²
Desviación Estándar	2.438	2.504	kg/cm ²
Coefficiente de Variación	1.450	1.191	%

Nota: El valor cumple con el coeficiente variación máxima (2.4%).

Tabla 9

Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 5% a los 7 y 28 días.

Muestra	Resistencia a la compresión		
	07 días	28 días	Unidad
M - 1	152.000	173.400	kg/cm ²
M - 2	156.428	183.370	kg/cm ²
M - 3	153.041	179.345	kg/cm ²
M - 4	157.571	182.238	kg/cm ²

M - 5	154.618	184.260	kg/cm ²
M - 6	153.165	184.652	kg/cm ²
M - 7	155.482	182.236	kg/cm ²
M - 8	155.548	178.845	kg/cm ²
Resistencia Media	154.731	181.043	kg/cm ²
Varianza	3.565	13.967	(kg/cm ²) ²
Desviación Estándar	1.888	3.737	kg/cm ²
Coefficiente de Variación	1.220	2.064	%

Nota: El valor cumple con el coeficiente variación máxima (2.4%).

Tabla 10

Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 7.5% a los 7 y 28 días.

Muestra	Resistencia a la compresión		
	07 días	28 días	Unidad
M - 1	132.000	156.500	kg/cm ²
M - 2	130.056	159.870	kg/cm ²
M - 3	130.536	156.600	kg/cm ²
M - 4	125.280	159.840	kg/cm ²
M - 5	130.896	162.325	kg/cm ²
M - 6	130.653	162.523	kg/cm ²
M - 7	134.845	164.100	kg/cm ²
M - 8	128.562	158.950	kg/cm ²
Resistencia Media	130.354	160.089	kg/cm ²
Varianza	7.477	7.639	(kg/cm ²) ²
Desviación Estándar	2.734	2.764	kg/cm ²
Coefficiente de Variación	2.098	1.727	%

Nota: El valor cumple con el coeficiente variación máxima (2.4%).

Tabla 11

Ensayo de resistencia a la compresión del diseño 10% a los 7 y 28 días.

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	07 días	28 días	Unidad
M - 1	102.003	121.500	kg/cm ²
M - 2	102.000	117.634	kg/cm ²
M - 3	102.422	122.200	kg/cm ²
M - 4	100.267	115.072	kg/cm ²
M - 5	107.512	114.358	kg/cm ²
M - 6	104.563	120.650	kg/cm ²
M - 7	107.845	119.349	kg/cm ²
M - 8	100.200	116.594	kg/cm ²
Resistencia Media	103.352	118.420	kg/cm ²
Varianza	8.989	8.753	(kg/cm ²) ²
Desviación Estándar	2.998	2.959	kg/cm ²
Coefficiente de Variación	2.901	2.498	%

Nota: El valor cumple con el coeficiente variación máxima (2.4%).

3.5.6.6.2 Resumen de resultados de resistencia a la compresión

Tabla 12

Tabla resumen de ensayo a la compresión de los diseños de mezcla

Muestra	Diseño patrón (kg/cm ²)		Diseño 5% (kg/cm ²)		Diseño 7.5% (kg/cm ²)		Diseño 10% (kg/cm ²)	
	07 días	28 días	07 días	28 días	07 días	28 días	07 días	28 días
M - 1	164.560	211.953	152.000	173.400	132.000	156.500	102.003	121.500
M - 2	167.956	207.539	156.428	183.370	130.056	159.870	102.000	117.634
M - 3	165.923	212.901	153.041	179.345	130.536	156.600	102.422	122.200
M - 4	172.698	208.941	157.571	182.238	125.280	159.840	100.267	115.072
M - 5	169.500	211.633	154.618	184.260	130.896	162.325	107.512	114.358
M - 6	167.250	213.225	153.165	184.652	130.653	162.523	104.563	120.650
M - 7	168.800	209.513	155.482	182.236	134.845	164.100	107.845	119.349
M - 8	168.100	206.564	155.548	178.845	128.562	158.950	100.200	116.594
Resistencia Media	168.098	210.284	154.731	181.043	130.354	160.089	103.352	118.420
Varianza	5.944	6.268	3.565	13.967	7.477	7.639	8.989	8.753
Desviación Estándar	2.438	2.504	1.888	3.737	2.734	2.764	2.998	2.959
Coefficiente de Variación	1.450	1.191	1.220	2.064	2.098	1.727	2.901	2.498

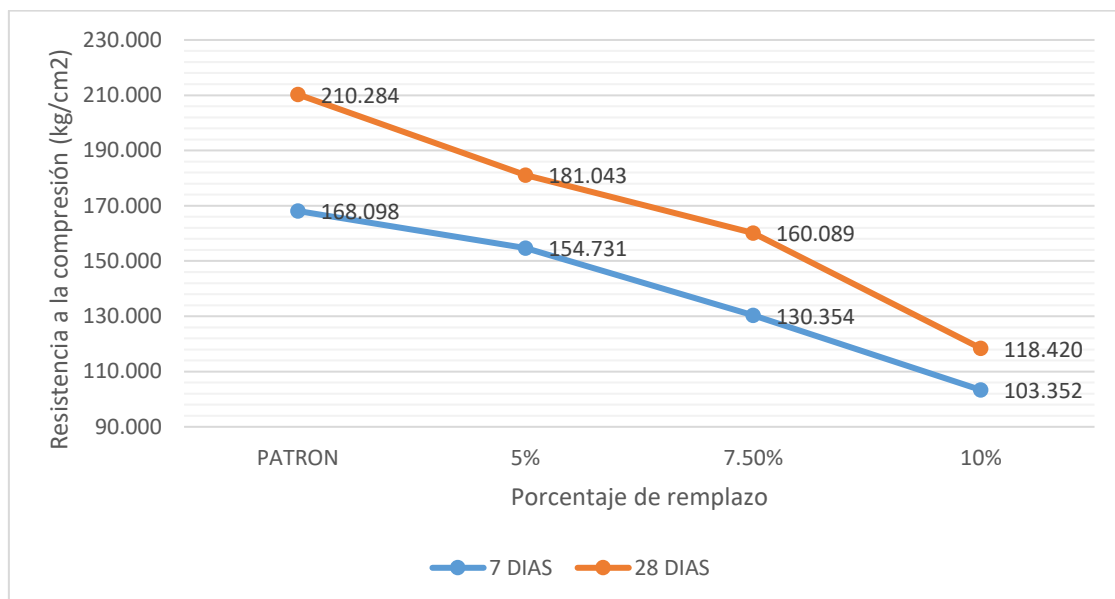
Tabla 13

Resistencia a compresión promedio del concreto (7 y 28 días).

Diseño	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	7 días	28 días	Unidad
Patrón	168.098	210.284	kg/cm ²
5% poliestireno	154.731	181.043	kg/cm ²
7.5% poliestireno	130.354	160.089	kg/cm ²
10% poliestireno	103.352	118.420	kg/cm ²

Figura 7

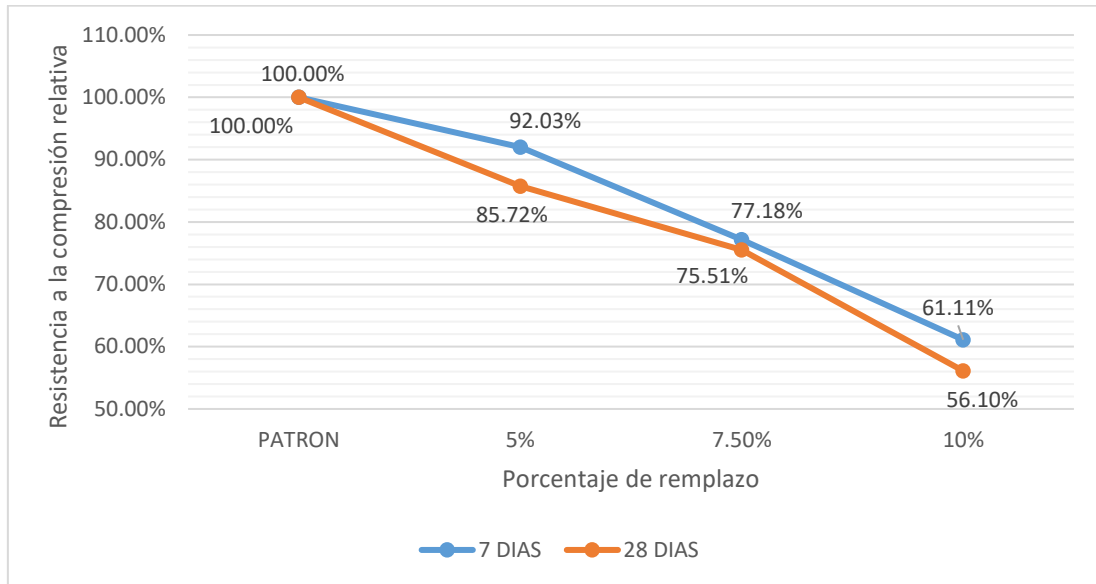
Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Porcentaje de remplazo de agregado grueso por poliestireno expandido.



Nota: Las líneas muestra la caída de la resistencia frente al aumento del porcentaje de remplazo a los 7 y 28 días.

Figura 8

Resistencia a la compresión relativa (%) vs Porcentaje de remplazo de agregado grueso por poliestireno expandido.



Nota: Las líneas muestra la caída de la resistencia relativa frente al aumento del porcentaje de remplazo a los 7 y 28 días.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados experimentales obtenidos al adicionar poliestireno expandido como sustituto parcial del agregado grueso en porcentajes de 5 %, 7.5 % y 10 % en volumen muestran una tendencia clara en cuanto al comportamiento mecánico y físico del concreto. De acuerdo con los valores consignados en las Tablas 6 y 7, tanto el peso unitario del concreto fresco como el del concreto endurecido disminuyen conforme aumenta el porcentaje de poliestireno en la mezcla. Este comportamiento se explica por la baja densidad del poliestireno frente a la de los agregados convencionales, lo que genera un material más liviano y con propiedades diferenciadas de trabajabilidad. Cabe señalar que esta reducción en el peso es más notoria en el concreto endurecido, evidenciando el potencial del poliestireno como insumo para concretos ligeros.

En lo que respecta a la resistencia a la compresión (Tabla 13), los resultados revelan una disminución progresiva de la resistencia a la compresión conforme aumenta la proporción de poliestireno. Este comportamiento es consistente con investigaciones previas, que señalan que la incorporación de materiales poliméricos en la matriz del concreto produce una menor capacidad de transmisión de esfuerzos debido a la incompatibilidad entre la rigidez de los agregados pétreos y la naturaleza flexible del poliestireno. En este sentido, la reducción de resistencia observada en los diseños con 5 %, 7.5 % y 10 % resulta congruente con la teoría y con lo reportado en la literatura técnica.

En términos generales, los resultados confirman que la adición de poliestireno reduce de manera significativa el peso unitario del concreto, ofreciendo ventajas en aplicaciones donde se prioriza la ligereza del material, como elementos prefabricados, cerramientos no estructurales o concretos de relleno. Sin embargo, esta reducción de peso

se acompaña de una pérdida de resistencia mecánica, lo que limita su uso en elementos sometidos a cargas estructurales elevadas.

Contrastación de la hipótesis:

Se muestran los valores de variación de resistencia a la compresión y peso volumétrico para cada diseño de mezcla en las tablas 14 y 15.

Tabla 14

Porcentajes de variación a los 7 días relativo al diseño patrón.

Diseño	Resistencia a la compresión	Peso unitario fresco	Peso unitario endurecido
5% poliestireno	-7.95%	-2.05%	-2.43%
7.5% poliestireno	-22.45%	-3.57%	-5.12%
10% poliestireno	-38.52%	-4.13%	-7.59%

Nota: La tabla muestra los valores de variación de cada unidad de análisis de cada diseño con incorporación de poliestireno respecto al valor del diseño patrón.

Tabla 15

Porcentajes de variación a los 28 días relativo al diseño patrón.

Diseño	Resistencia a la compresión	Peso unitario fresco	Peso unitario endurecido
5% poliestireno	-13.91%	-2.05%	-2.82%
7.5% poliestireno	-23.87%	-3.57%	-6.10%
10% poliestireno	-43.69%	-4.13%	-8.60%

Nota: La tabla muestra los valores de variación de cada unidad de análisis de cada diseño con incorporación de poliestireno respecto al valor del diseño patrón.

Los resultados obtenidos confirman que la resistencia a la compresión a los 28 días disminuye respecto al concreto patrón, validando la hipótesis de una reducción igual o superior al 10%. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Barriga (2014), quien evidenció una disminución progresiva de la resistencia a compresión del hormigón

liviano con perlas de poliestireno, alcanzando reducciones de hasta el 82.5% respecto al patrón. De manera similar, Ramos y Sleyter (2020) observaron reducciones de resistencia entre 23.21% y 54.21% en unidades de albañilería con sustitución parcial por EPS, confirmando que el efecto negativo sobre la resistencia cuando se prioriza la reducción del peso unitario. En relación con el peso unitario, los resultados muestran que a partir del 7.5% de incorporación de poliestireno, las reducciones superaron el umbral del 3% (3.57% y 4.13% en estado fresco y 6.1% y 8.6% en estado endurecido para los diseños de 7.5% y 10% respectivamente), cumpliendo la condición planteada en la hipótesis. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Sánchez Valverde (2022), quien evidenció reducciones del peso unitario en estado fresco y endurecido de hasta 10% a los 28 días al incorporar hasta un 15% de poliestireno expandido.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

La sustitución parcial del agregado grueso por poliestireno expandido en porcentajes de 5%, 7.5% y 10% en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ generó una variación progresiva tanto en el peso volumétrico hasta un -8.6%, como en la resistencia a la compresión con un valor de -43.7% de variación, evidenciando que el material reduce significativamente el peso del concreto, aunque a costa de su capacidad resistente.

El concreto patrón alcanzó una resistencia a la compresión de 210.284 kg/cm^2 a 28 días, superando la resistencia de diseño, y presentó un peso unitario promedio de 2358.39 kg/m^3 en estado fresco y 2352.20 kg/m^3 en estado endurecido, valores que se consideran adecuados para concretos convencionales.

La incorporación de poliestireno expandido varió el peso unitario en estado fresco en magnitudes superiores a -3.0%. Obteniendo -3.6% para el remplazo de 7.5% y -4.1% para el remplazo de 10%, de la misma forma en estado endurecido se obtuvo una variación de -6.1% y -8.6% para los remplazos de 7.5% y 10% respectivamente.

La resistencia a la compresión disminuyó en relación con el patrón: -13.91% (5% de poliestireno), -23.87% (7.5% de poliestireno) y -43.69% (10% de poliestireno) a los 28 días. Se confirma que el incremento del porcentaje de sustitución con poliestireno expandido reduce de forma significativa la resistencia mecánica del concreto.

4.2 Recomendaciones.

Se recomienda incluir el ensayo a flexión del concreto y ensayos de durabilidad a largo plazo.

Evaluar y realizar ensayos de aislamiento térmico y aislamiento acústico del concreto con poliestireno expandido. Se recomienda explorar la incorporación de poliestireno expandido para diseños de mezcla con resistencia a la compresión superiores a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se recomienda en posteriores investigaciones de estudio con poliestireno realizar ensayos químicos de los agregados y agua, así como del poliestireno expandido (EPS), para estudiar mejor su interacción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmmed, M., Abedin, Z., Paul, S., Bhuiyan, G. K., Rahaman, H., Hossain, M. A., Islam, M., & Khan, A. U. (2023). *Development of lightweight building blocks using expanded polystyrene*. GSC Advanced Research and Reviews, 17(02), 047–059. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.17.2.0402>
- Arce Gonzales, K. E., & Faustino Garcia, C. (2023). *Elaboración de concreto ligero con perlas de poliestireno expandido para estructura flotante* [Tesis de Título profesional, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3770>
- Ayay, E., & Rodriguez, F. L. (2024). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo para techo con sustitución de agregado grueso por poliestireno expandido (EPS) reciclado* [Tesis de Título profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/3ea2ceee-7847-4b10-a1ed-c094bdf03006>
- Barriga Noches, R. C. (2014). *Resistencia a la fatiga del hormigón liviano a base de perlitas de poliestireno preexpandido mediante el ensayo de tracción indirecta* [Tesis de maestría, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcib275r/doc/bmfcib275r.pdf>
- Chuquizapon Suarez, V. H., & Ibañez Moreno, C. (2020). *Influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas* [Tesis de Título profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/24149>
- Díaz Chacón, E. S. (2019). *Eficiencia económica y estructural del ladrillo de concreto para losa aligerada con adición de poliestireno en diferentes porcentajes* [Tesis

de Título profesional, Universidad Privada del Norte].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_fa668cc5c10f7205e6de00b390bd33f1

Geologiaweb (2021) *Tipos de cemento sus propiedades y aplicaciones.*

<https://geologiaweb.com/materiales/tipos-de-cemento/>

Grupo Valero. (2024). *¿Qué es el poliestireno expandido (EPS) y por qué se usa en construcción?*. <https://www.grupovalero.com/que-es-el-poliestireno-expandido-eps-y-por-que-se-usa-en-construccion/>

Herradda Montagne, J. A., Huaynalaya Rashuaman, M., & Jiménez Yabar, H. M.

(2024). *Comparativa de métodos de diseño de mezcla de concretos convencionales con agregados marginales.* TecnoHumanismo. Revista Científica, 4(4), 29-42. <https://tecnohumanismo.online>

Instituto Nacional de Calidad. (2020). NTP 334.009: *CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos* (5ª ed.). Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). NTP 339.034:2015 *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.* Instituto Nacional de Calidad. <https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas>

Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2021). NTP 339.046: *Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto.*

- Instituto Nacional de Calidad. (2013). NTP 339.184: *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y vacíos en el hormigón endurecido* (2^a ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). NTP 339.185: *Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-trujillo/ingenieria-civil/ntp-339185-contenido-de-humedad/80856715>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). NTP 400.012: *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso o global*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-union/tecnologia-del-concreto/ntp-400012-2021-agregados-analisis-granulometrico-del-agregado-fino-grueso/93604059>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). NTP 400.017: *Agregados. Determinación de la masa unitaria ('peso unitario') y de los vacíos de los agregados*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/tecnologia-del-concreto/ntp-400017-2020-metodo-de-ensayo-para-densidad-y-vacios-en-agregados/133854944>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). NTP 400.021: *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/tecnologia-del-concreto/ntp-4000212020-densidad-relativa-y-absorcion-de-agregados-gruesos/125008573>

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024). NTP 400.022: *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.*

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/ingenieria-de-carreteras/document-10-ayuda/140017672>

Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2021). NTP 400.037: *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-union/concreto-armado/ntp-4000372021-especificaciones-de-agregados-para-concreto/142605848>

Karthika, R., Vidyapriya, V., Sri, K. N., Beaula, K. M., Harini, R., & Sriram, M. (2021).

Experimental study on lightweight concrete using pumice aggregate. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320375143>

National Ready Mixed Concrete Association. (2024). *CIP - 36 Concreto Estructural de Peso Liviano.* NRMCA. <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP36es.pdf>

RAI Pintores Industriales. (2023). *Poliestireno expandido (EPS): características y usos principales.* Blog de RAI Pintores Industriales. Recuperado de <https://www.raipintores.com/blog/poliestireno-expandido/>

Ramos, L., & Sleyter, J. (2020). *Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto* [Tesis de Título profesional, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7710>

- Reyes, J., & Torres, M. (2020). *Paneles de concreto ligero de EPS reciclado para sistemas de losa* [Tesis de Título profesional, Instituto Politécnico Nacional].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/44717>
- Rodríguez Chico, H. E. (2017). *Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural* [Tesis de Titulo profesional, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/999>
- Saghiri, M. A., et al. (2020). *Evaluation of mechanical activation and chemical composition of Portland cement.*
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7398986/>
- Sánchez Valverde, B. M. (2022). *Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando material de la zona - Abancay 2022* [Tesis de título profesional, Universidad Tecnológica de los Andes].
<https://repositorio.utea.edu.pe/items/08e1817b-bbdb-46cf-ab0b-629b36eca341>
- Trejos Valencia, C. C., & Suarez Aristizabal, D. (2019). *Diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar el peso de las probetas y mejorar su resistencia a la compresión* [Tesis de Título profesional, Universidad Libre]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/22478>
- Verdi Chahua, X. R. (2024). *Efectos de las viguetas de acero en el comportamiento sísmico de las edificaciones en la región de Huánuco* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

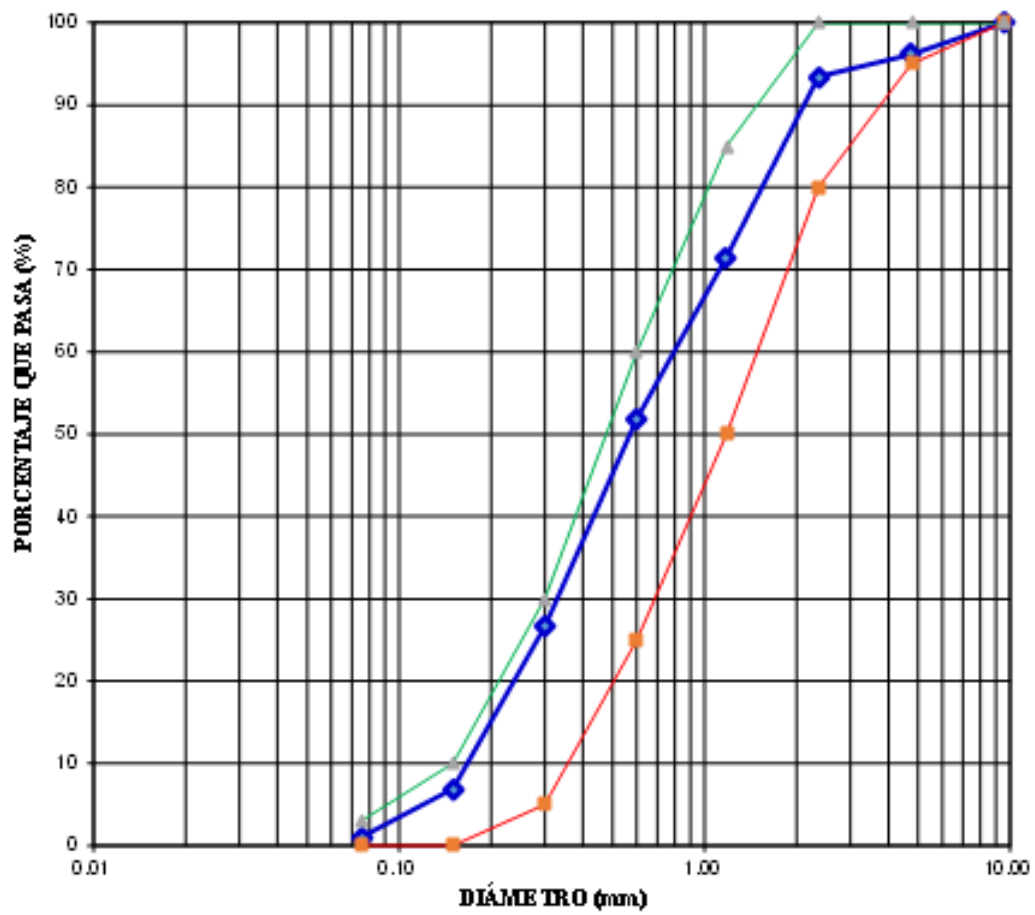
ANEXOS

ANEXO 01: ENSAYOS DE LABORATORIO DE AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.011.2020

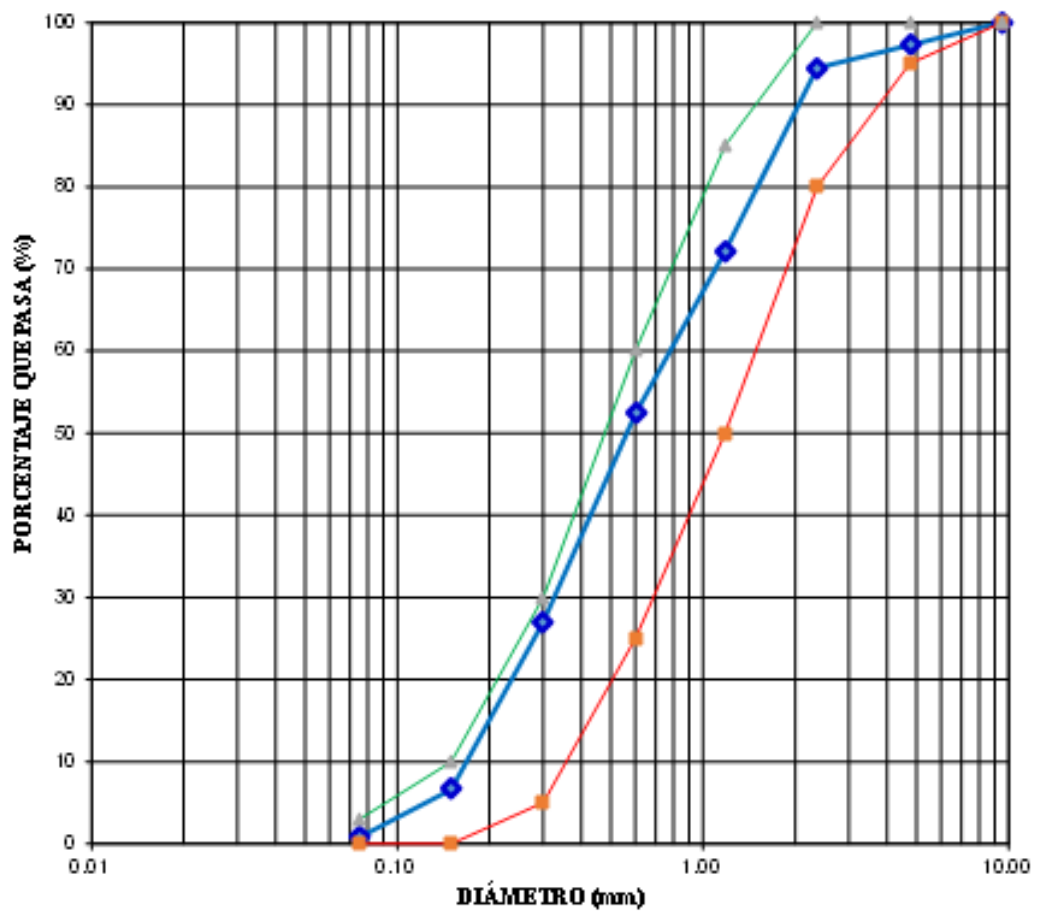
Peso Seco Inicial (g) =			1500.00		
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =			15.00		
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.0000	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.0000	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0000	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.0000	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0000	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.0000	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.0000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.0000	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	58	3.84	3.84	96.16
N°8	2.36	41	2.72	6.56	93.44
N 16	1.18	329	21.90	28.46	71.54
N 30	0.60	295	19.66	48.12	51.88
N 50	0.30	379	25.24	73.36	26.64
N 100	0.15	296	19.74	93.10	6.90
N 200	0.075	89	5.90	99.00	1.00
Cazoleta	--	15	1.00	100.00	0.00
TOTAL		1500			
MÓDULO DE FINURA=			253		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

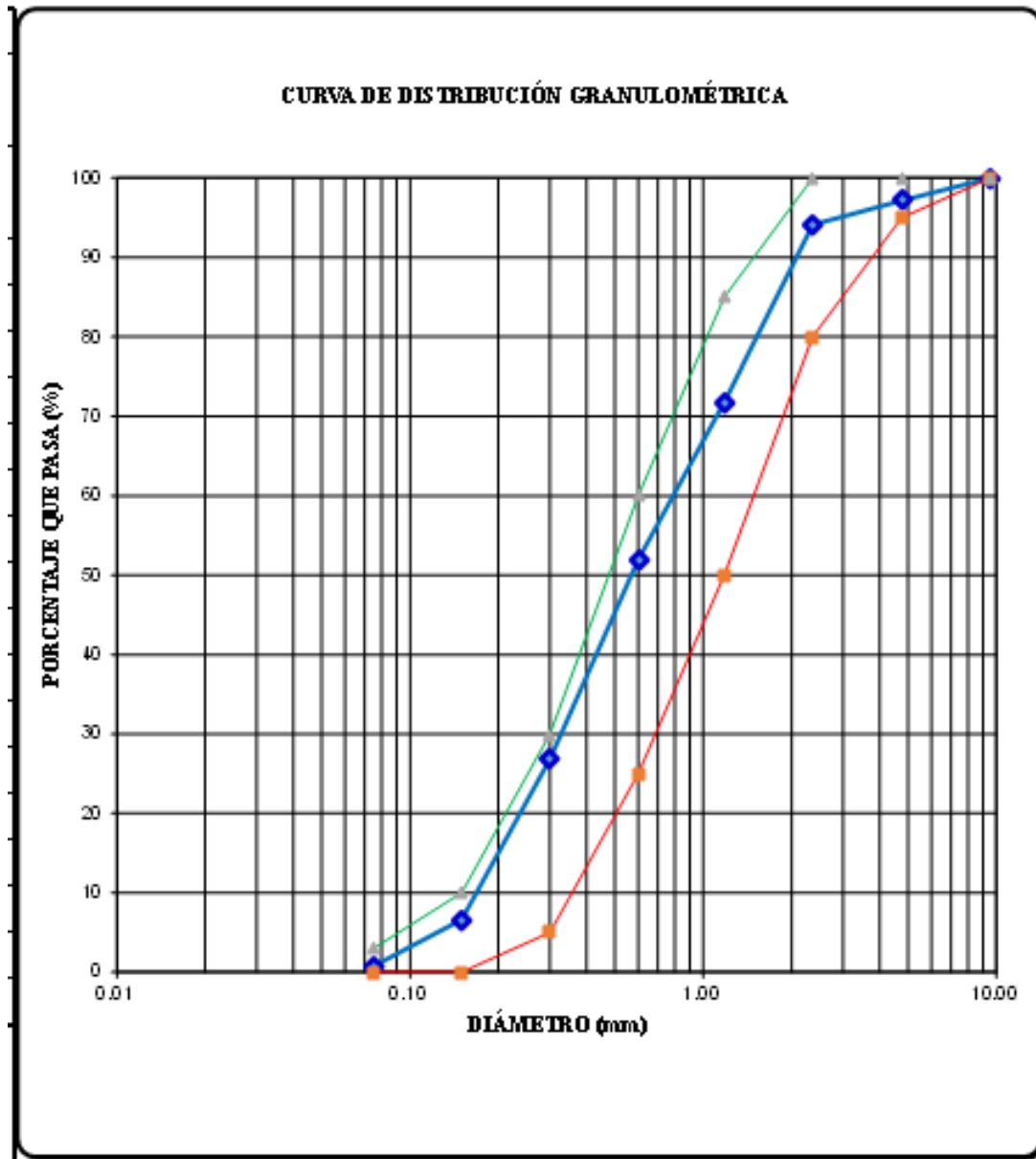


Peso Seco Inicial (g) =			1500.00		
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =			11.70		
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.0000	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.0000	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0000	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.0000	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0000	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.0000	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.0000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.0000	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	41	2.76	2.76	97.24
N°8	2.36	42	2.78	5.54	94.46
N 16	1.18	335	22.34	27.88	72.12
N 30	0.60	297	19.78	47.66	52.34
N 50	0.30	380	25.34	73.00	27.00
N 100	0.15	306	20.38	93.38	6.62
N 200	0.075	88	5.84	99.22	0.78
Cazoleta	--	12	0.78	100.00	0.00
TOTAL		1500			
MÓDULO DE FINURA =			250		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



Peso Seco Inicial (g) =				1500.00	
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =				11.40	
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.0000	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.0000	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0000	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.0000	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0000	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.0000	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.0000	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.53	0.0000	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	43	2.86	2.86	97.14
N°8	2.36	46	3.04	5.90	94.10
N 16	1.18	335	22.32	28.22	71.78
N 30	0.60	297	19.82	48.04	51.96
N 50	0.30	377	25.14	73.18	26.82
N 100	0.15	303	20.18	93.36	6.64
N 200	0.075	88	5.88	99.24	0.76
Cazoleta	--	11	0.76	100.00	0.00
TOTAL		1500			
MÓDULO DE FINURA =			2.52		



MÓDULO DE FINURA =	2.52
--------------------	------

OBSERVACIONES:

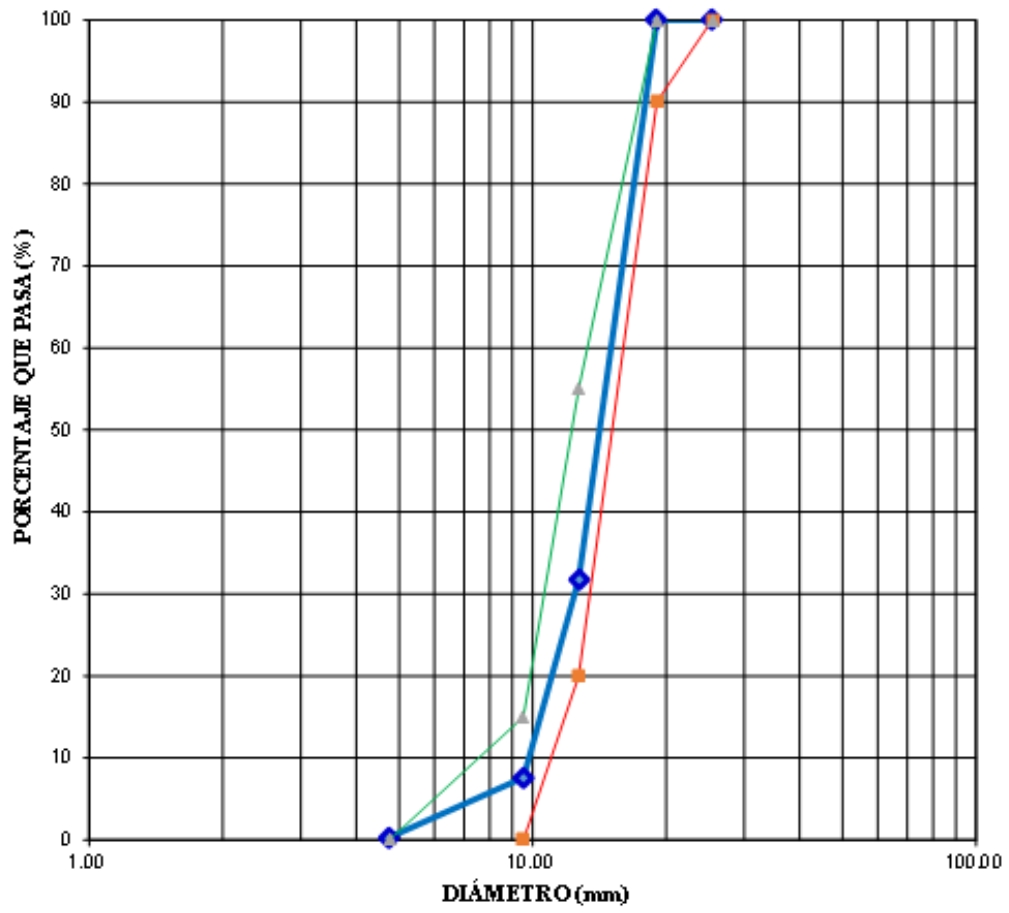
LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO EL HUSO GRANULOMÉTRICO "M" DE LA NORMA N.T.P. 400.037.

EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO ESTUDIADO ES DE 2.517.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO: NTP 400.012

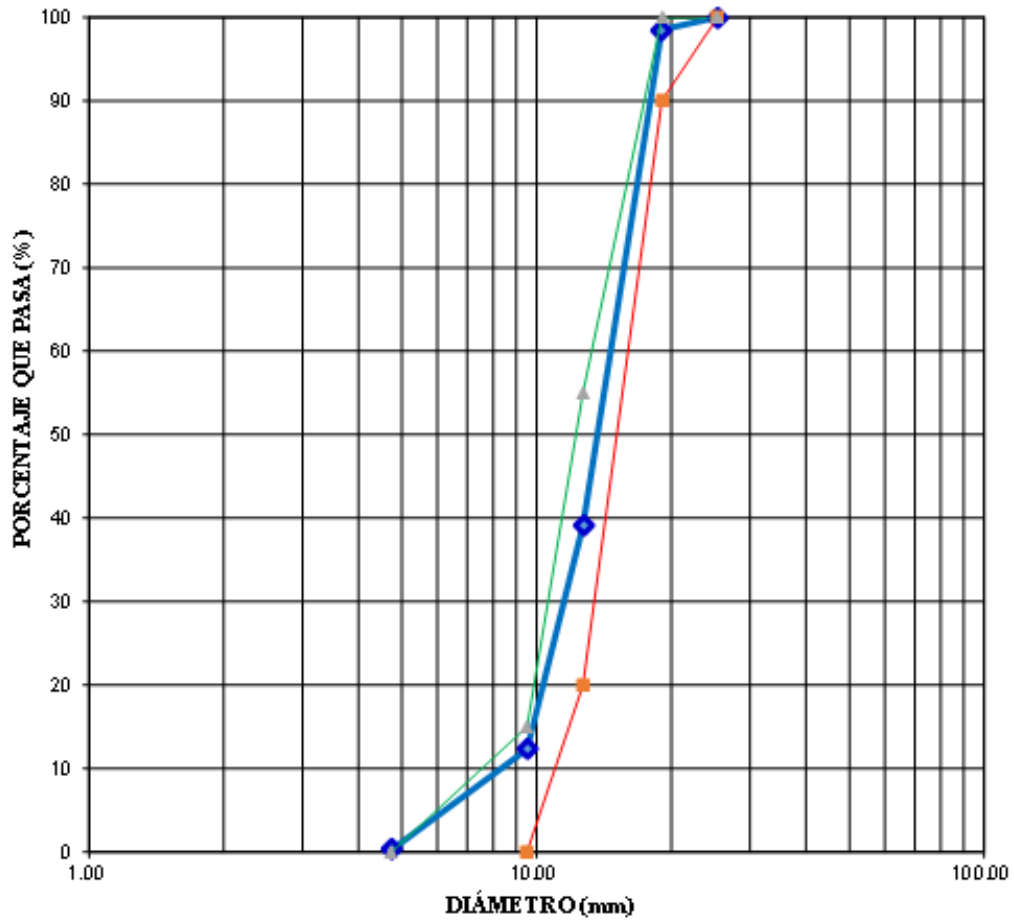
Peso Seco Inicial (g) =		5000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =		0.00			
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	3410	68.20	68.20	31.80
3/8"	9.53	1210	24.20	92.40	7.60
N°4	4.75	365	7.30	99.70	0.30
N°8	2.36	5	0.10	99.80	0.20
N 16	1.18	5	0.10	99.90	0.10
N 30	0.60	0	0.00	99.90	0.10
N 50	0.30	5	0.10	100.00	0.00
N 100	0.15	0	0.00	100.00	0.00
N 200	0.075	0	0.00	100.00	0.00
Cazoleta	--	0	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5000			
MÓDULO DE FINURA =		692			

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



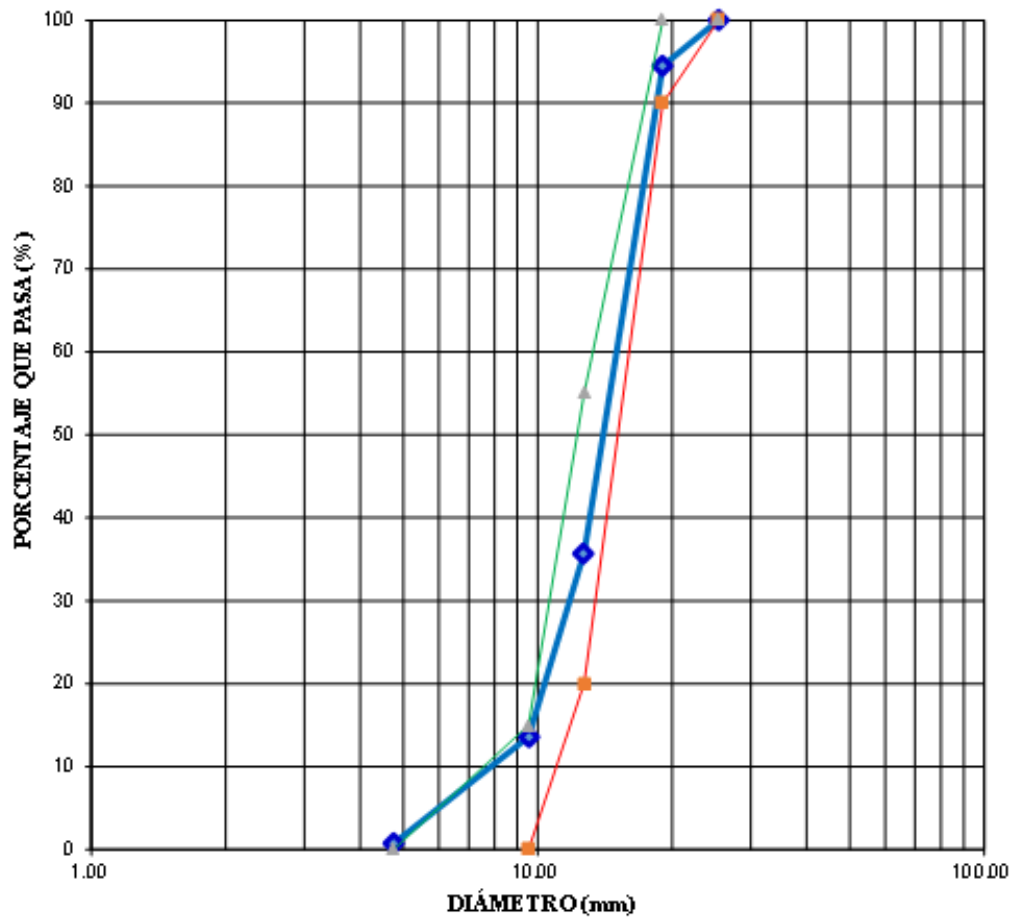
Peso Seco Inicial (g) =		5000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =		0.00			
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	75	1.50	1.50	98.50
½"	12.70	2970	59.40	60.90	39.10
3/8"	9.53	1340	26.80	87.70	12.30
N°4	4.75	600	12.00	99.70	0.30
N°8	2.36	5	0.10	99.80	0.20
N 16	1.18	5	0.10	99.90	0.10
N 30	0.60	0	0.00	99.90	0.10
N 50	0.30	5	0.10	100.00	0.00
N 100	0.15	0	0.00	100.00	0.00
N 200	0.075	0	0.00	100.00	0.00
Cazoleta	--	0	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5000			
MÓDULO DE FINURA =			689		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



Peso Seco Inicial (g) =			5000.00		
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm (g) (MALLA N° 200) =			0.00		
Tamiz		Peso Retenido Parcial (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.0000	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.0000	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0000	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.0000	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0000	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	275.0000	5.50	5.50	94.50
½"	12.70	2935.0000	58.70	64.20	35.80
3/8"	9.53	1110.0000	22.20	86.40	13.60
N°4	4.75	645.0000	12.90	99.30	0.70
N°8	2.36	20.0000	0.40	99.70	0.30
N 16	1.18	5.0000	0.10	99.80	0.20
N 30	0.60	0.0000	0.00	99.80	0.20
N 50	0.30	10.0000	0.20	100.00	0.00
N 100	0.15	0.0000	0.00	100.00	0.00
N 200	0.075	0.0000	0.00	100.00	0.00
Cazoleta	--	0.0000	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5000.0000			
MÓDULO DE FINURA =			691		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



MÓDULO DE FINURA =	6.90
--------------------	-------------

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CUMPLE, EL USO GRANULOMÉTRICO N° 07 DE LA NORMA A.S.T.M. C 33M-10.

EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO ESTUDIADO ES DE 6.902.

PESO ESPECIFICO Y ABSORSION DE AGREGADO FINO: NTP 400.022:2013

Datos iniciales obtenidos de laboratorio:

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C
masa del picnometro	Wp (g)	0.175	0.167	0.192
Masa de picnometro llenado de agua hasta marca de calibración	B (g)	0.673	0.664	0.689
masa de la muestra SSS	S (g)	0.285	0.250	0.270
Porcentaje de agregado parcial	P	0.354	0.311	0.335
Masa de picnometro con muestra, llenado de agua hasta marca de calibración	C (g)	0.847	0.820	0.856
peso seco a 110°C en horno	A (g)	0.277	0.246	0.265

Calculo:

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C	PROMEDIO
Peso especifico de masa / Gravedad especifica OD/ Densidad relativa OD	Pem	2.495	2.617	2.573	2.558
Peso especifico SSS / Gravedad especifica SSD / Densidad relativa SSD	PeSSS	2.568	2.660	2.621	2.614
Peso especifico aparente / Gravedad especifica aparente / Densidad relativa aparente	Pea	2.689	2.733	2.704	2.708
Absorsion	Abs (%)	2.888	1.626	1.887	2.160
Densidad OD	ρ (g/cm ³)	2.489	2.610	2.566	2.554
Densidad SSD	ρ SSS (g/cm ³)	2.561	2.653	2.615	2.609
Densidad aparente	ρ a (g/cm ³)	2.683	2.727	2.697	2.702

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO: NTP 400.021:2013

Datos iniciales obtenidos de laboratorio:

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C
Peso de agregado SSS	B (g)	2800	2800	2800
Porcentaje de agregado parcial	P	0.33	0.33	0.33
peso de canastilla	Wc (g)	2542	2542	2542
peso de la canastilla sumergido	Wcs (g)	2942	2942	2942
peso de la canastilla sum. Mas a.g. sum	Wcs+s (g)	4665	4667	4652
peso de agregado sumergido	C (g)	1723	1725	1710
peso seco a 110°C en horno	A (g)	2740	2749	2746

Calculo:

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C	PROMEDIO
Peso especifico de masa / Gravedad especifica OD/ Densidad relativa OD	Pem	2.544	2.557	2.519	2.540
Peso especifico SSS / Gravedad especifica SSD / Densidad relativa SSD	PeSSS	2.600	2.605	2.569	2.591
Peso especifico aparente / Gravedad especifica aparente / Densidad relativa aparente	Pea	2.694	2.685	2.651	2.676
Absorsion	Abs (%)	2.190	1.855	1.966	2.004
Densidad OD	ρ (g/cm ³)	2.538	2.551	2.513	2.534
Densidad SSD	ρ SSS (g/cm ³)	2.593	2.598	2.562	2.585
Densidad aparente	ρ a (g/cm ³)	2.687	2.678	2.644	2.670

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

DESCRIPCION	VALOR
Peso de la fiola en (g) =	138.000
Peso de la fiola + agua (g) =	636.500
Volumen de la fiola (cm ³) =	500.000
Peso especifico (g/cm ³) =	0.997
P.e en (Kg/m ³) =	997.000

B) CALCULO DEL Factor f

DESCRIPCION	VALOR
Peso del Molde (g) =	7802.000
Peso del Molde + Agua (g) + vidrio =	14918.000
Peso Agua (Kg) =	7.116
f (1/m ³) =	140.107

PESO UNITARIO SECO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C
Peso del molde cilindrico	Wm (g)	7135.000	7135.000	7135.000
Peso del molde cilindrico + vidrio	Wm+v (g)	7801.000	7801.000	7801.000
Peso del molde cilindrico + vidrio + agua	Wm+v+a (g)	14819.000	14819.000	14819.000
Peso del agua	Wa (g)	7018.000	7018.000	7018.000
peso del molde + agregado grueso suelto	Wm+gs (g)	19869.000	16898.000	16774.000
peso del molde + agregado grueso compactado	Wm+gc (g)	17783.000	17746.000	17674.000
peso agregado grueso suelto	Wgs (g)	12734.000	9763.000	9639.000
peso agregado grueso compactado	Wgc (g)	10648.000	10611.000	10539.000

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C	PROMEDIO
PUS agregado grueso	kg/m ³	1814.477	1391.137	1373.468	1526.361
PUC agregado grueso	kg/m ³	1517.241	1511.969	1501.710	1510.307

PESO UNITARIO SECO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C
Peso del molde cilindrico	Wm (g)	7135.000	7135.000	7135.000
Peso del molde cilindrico + vidrio	Wm+v (g)	7801.000	7801.000	7801.000
Peso del molde cilindrico + vidrio + agua	Wm+v+a (g)	14819.000	14819.000	14819.000
Peso del agua	Wa (g)	7018.000	7018.000	7018.000
peso del molde + agregado fino suelto	Wm+fs (g)	17560.000	17456.000	16891.000
peso del molde + agregado fino compactado	Wm+fc (g)	19335.000	19616.000	19766.000
peso agregado fino suelto	Wfs (g)	10425.000	10321.000	9756.000
peso del agregado fino compactado	Wfc (g)	12200.000	12481.000	12631.000

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C	PROMEDIO
PUS agregado fino	kg/m3	1485.466	1470.647	1390.140	1448.751
PUC agregado fino	kg/m3	1738.387	1778.427	1799.801	1772.205

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO Y GRUESO - DISEÑO PATRON Y POLIESTIRENO AL 5%

AGREGADO FINO	UNIDAD	VALOR
tara	g	129.000
Peso del agregado humedo + tara	g	1350.000
peso del agregado seco + tara	g	1339.000
cu	%	0.91%

AGREGADO GRUESO	UNIDAD	VALOR
tara	g	86.000
Peso del agregado humedo + tara	g	1501.000
peso del agregado seco + tara	g	1495.000
cu	%	0.43%

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO Y GRUESO - DISEÑO POLIESTIRENO AL 7.5% Y POLIESTIRENO AL 10%

AGREGADO FINO	UNIDAD	VALOR
tara	g	91.000
Peso del agregado humedo + tara	g	1364.000
peso del agregado seco + tara	g	1352.000
cu	%	0.95%

AGREGADO GRUESO	UNIDAD	VALOR
tara	g	119.000
Peso del agregado humedo + tara	g	1853.000
peso del agregado seco + tara	g	1847.000
cu	%	0.35%

ANEXO 02: DISEÑOS DE MEZCLA.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRON

PROYECTO	VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES
UBICACIÓN:	CAJAMARCA
SOLICITANTE:	MARIA VANESA PEREZ GAVIDIA
FECHA:	09/06/2025
ELEMENTO ESTRUCTURAL	: TESTIGO DE ENSAYO

CEMENTO :	PORTLAND - TIPO I	PESO ESPECIFICO =	3.090	g/cm ³
------------------	-------------------	--------------------------	--------------	-------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :		KG/CM2	MPA
AGREG. FINO	CANTERA LA VICTORIA	Fc = 210.00	20.59
AGREG. GRUESO	CANTERA LA VICTORIA	Fcr = 231.00	22.65

CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	-	3/4	in
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.558	g/cm ³	2.540	g/cm ³
PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.614	g/cm ³	2.591	g/cm ³
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.708	g/cm ³	2.676	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1424.51	Kg/m ³	1501	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1742.55	Kg/m ³	1485	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.910	%	0.430	%
ABSORCION (%)	2.160	%	2.004	%
MODULO DE FINURA	2.517	-	6.902	-

ASENTAMIENTO =	3"-4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205 Lt/m ³
AIRE TOTAL (%) =	2.0 %
RELACION A/Mc =	0.650 -

CEMENTO =	315.19 Kg/m ³
-----------	--------------------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
CEMENTO =	0.102003	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.02	m ³
SUMA =	0.327003	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.672997	m³

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
CEMENTO =	0.102003	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205000	m ³
AIRE (%) =	0.020000	m ³
AGREGADO FINO SECO =	0.301371	m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	0.371626	m ³

AGREGADO FINO SECO =	771.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	944.00	Kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	315.19	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	771.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	944.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

PROPORCION EN PESO	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.47
A. GRUESO =	3.01
AGUA =	30.9 (Lt / Bolsa)

TANDA (05 TESTIGOS 6" x 12"):	0.0292	m ³
CEMENTO:	9200.4	g
AGUA EFECTIVA:	6699.0	g
AGREGADO FINO HUMEDO:	22710.3	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO:	27673.8	g

RENDIMIENTO =	7.42 Bolsas/m ³
---------------	----------------------------

MODULO DE COMBINACION :	
VACIOS =	41.536
VACIOS POR CORREGIR =	6.536
FCORR. MC =	0.131
MODULO DE COMBINACION CORREGIDO :	4.938
% AGREGADO FINO =	44.78
% AGREGADO GRUESO =	55.22

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	-9.64
APORTE AG =	-14.86
TOTAL =	-24.50

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	315.19	Kg
AGUA EFECTIVA	229.50	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	778.02	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	948.06	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

PROPORCION EN VOLUMEN	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.58
A. GRUESO =	3.00
AGUA =	30.95 (Lt / Bolsa)

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (5% DE REPLAZO)

PROYECTO	VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES
UBICACIÓN:	CAJAMARCA
SOLICITANTE:	MARIA VANESA PEREZ GAVIDIA
FECHA:	09/06/2025
ELEMENTO ESTRUCTURAL	: TESTIGO DE ENSAYO

CEMENTO :	PORTLAND - TIPO I	PESO ESPECIFICO =	3.090 g/cm3
------------------	-------------------	--------------------------	--------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :		KG/CM2	MPA
AGREG. FINO	CANTERA LA VICTORIA	Fc = 210.00	20.59
AGREG. GRUESO	CANTERA LA VICTORIA	Fcr = 231.00	22.65

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4	in
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.558 g/cm3	2.540	g/cm3
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.614 g/cm3	2.591	g/cm3
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.708 g/cm3	2.676	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1425 Kg/m3	1501	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1743 Kg/m3	1485.04	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.910 %	0.430	%
ABSORCIÓN (%)	2.160 %	2.004	%
MÓDULO DE FINURA	2.517	6.902	-

ASENTAMIENTO =	3"-4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205 Lt/m3
AIRE TOTAL (%) =	2.0 %
RELACION A/Mc =	0.650

CEMENTO =	315.19 Kg/m3
-----------	--------------

MÉTODOS VOLUMENES ABSOLUTOS :	
CEMENTO =	0.102003 m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205 m3
AIRE (%) =	0.02 m3
SUMA =	0.327003 m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.672997 m3

MÉTODOS VOLUMENES ABSOLUTOS :	
CEMENTO =	0.102003 m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205000 m3
AIRE (%) =	0.020000 m3
AGREGADO FINO SECO =	0.301371 m3
AGREGADO GRUESO SECO =	0.353045 m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO (5%) =	0.018581 m3

AGREGADO FINO SECO =	771.00 Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	897.00 Kg/m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO =	0.0186 m3

MATERIALES DE DISEÑO	
CEMENTO	315.19 Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt
AGREGADO FINO SECO	771.00 Kg
AGREGADO GRUESO SECO	897.00 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
POLIESTIRENO EXPANDIDO (5%) =	0.018581 m3

PROPORCIÓN EN PESO	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.47
A. GRUESO =	2.86
AGUA =	30.85 (Lt / Bolsa)
POLIESTIRENO =	2.51 (Lt / Bolsa)

TANDA (05 TESTIGOS 6" x 12") + 25%:	0.0347 m3
CEMENTO:	10952.9 g
AGUA EFECTIVA:	7949.3 g
AGREGADO FINO HUMEDO:	27036.1 g
AGREGADO GRUESO HUMEDO:	31304.8 g
POLIESTIRENO EXPANDIDO (5%):	645.7004 cm3

RENDIMIENTO =	7.42 Bolsas/m3
---------------	----------------

MÓDULO DE COMBINACIÓN :	
VACIOS =	5.069
VACIOS POR CORREGIR =	41.536
FCORR. MC =	6.536
FCORR. MC =	0.131
MÓDULO DE COMBINACIÓN CORREGIDO :	4.938
% AGREGADO FINO =	44.78
% AGREGADO GRUESO =	55.22

% REPLAZO DE POLIESTIRENO :	
% REPLAZO DE POLIESTIRENO =	5.00
% POLIESTIRENO EXPANDIDO =	2.761
% AGREGADO GRUESO CORREG. =	52.459

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	-9.64
APORTE AG =	-14.12
TOTAL =	-23.76

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	
CEMENTO	315.19 Kg
AGUA EFECTIVA	228.76 Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	778.02 Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	900.86 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
POLIESTIRENO EXPANDIDO (5%) =	0.018581 m3

PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.58
A. GRUESO =	2.85
AGUA =	30.85 (m3 / Bolsa)
POLIESTIRENO =	2.51 (m3 / Bolsa)

N° Est. Pollest. (3/4")	178.4
-------------------------	-------

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (7.5% DE REMPLAZO)

PROYECTO	VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES
UBICACIÓN:	CAJAMARCA
SOLICITANTE:	MARIA VANESA PEREZ GAVIDIA
FECHA:	09/06/2025
ELEMENTO ESTRUCTURAL	: TESTIGO DE ENSAYO

CEMENTO :	PORTLAND - TIPO I	PESO ESPECIFICO =	3.090	g/cm3
------------------	-------------------	--------------------------	--------------	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :		KG/CM2	MPA
AGREG. FINO	CANTERA LA VICTORIA	Fc = 210.00	20.59
AGREG. GRUESO	CANTERA LA VICTORIA	Fcr = 231.00	22.65

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMANO MAXIMO NOMINAL	-	3/4	in
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.558 g/cm3	2.540	g/cm3
PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.614 g/cm3	2.591	g/cm3
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.708 g/cm3	2.676	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1425 Kg/m3	1501	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1743 Kg/m3	1485	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.950 %	0.350	%
ABSORCION (%)	2.160 %	2.004	%
MODULO DE FINURA	2.517	6.902	-

ASENTAMIENTO =	3"-4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205 Lt/m3
AIRE TOTAL (%) =	2.0 %
RELACION A/Mc =	0.650

CEMENTO =	315.19 Kg/m3
-----------	--------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
CEMENTO =	0.102003	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3
AIRE (%) =	0.02	m3
SUMA =	0.327003	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.672997	m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
CEMENTO =	0.102003	m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205000	m3
AIRE (%) =	0.020000	m3
AGREGADO FINO SECO =	0.301371	m3
AGREGADO GRUESO SECO =	0.343754	m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO (7.5%) =	0.027872	m3

AGREGADO FINO SECO =	771.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	873.00	Kg/m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO =	0.0279	m3

MATERIALES DE DISEÑO		
CEMENTO	315.19	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	771.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	873.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
POLIESTIRENO EXPANDIDO (7.5%):	0.027872	m3

PROPORCIÓN EN PESO		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.47	
A. GRUESO =	2.78	
AGUA =	30.85	(Lt / Bolsa)
POLIESTIRENO =	3.76	(Lt / Bolsa)

TANDA (05 TESTIGOS 6" x 12") + 25%:	0.0347	m3
CEMENTO:	10952.9	g
AGUA EFECTIVA:	7949.7	g
AGREGADO FINO HUMEDO:	27046.8	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO:	30442.9	g
POLIESTIRENO EXPANDIDO (7.5%):	968.5506	cm3

RENDIMIENTO =	7.42	Bolsas/m3
---------------	------	-----------

MODULO DE COMBINACION :		5.069
VACIOS =		41.536
VACIOS POR CORREGIR =		6.536
FCORR. MC =		0.131
MODULO DE COMBINACION CORREGIDO :		4.938
% AGREGADO FINO =		44.78
% AGREGADO GRUESO =		55.22

% REMPLAZO DE POLIESTIRENO :		7.50
% POLIESTIRENO EXPANDIDO =		4.141
% AGREGADO GRUESO CORREG. =		51.078

APORTE HUMEDAD AGREGADOS		
APORTE AF =		-9.33
APORTE AG =		-14.44
TOTAL =		-23.77

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	315.19	Kg
AGUA EFECTIVA	228.77	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	778.32	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	876.06	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%
POLIESTIRENO EXPANDIDO (7.5%):	0.027872	m3

PROPORCIÓN EN VOLUMEN		
CEMENTO =	1	
A. FINO =	2.58	
A. GRUESO =	2.77	
AGUA =	30.85	(Lt / Bolsa)
POLIESTIRENO =	3.76	(m3/ Bolsa)

Nº Est. Poliest. (3/4")	267.6
-------------------------	-------

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (10% DE REMPLAZO)

PROYECTO	VARIACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO DE $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EN DIFERENTES PORCENTAJES
UBICACIÓN:	CAJAMARCA
SOLICITANTE:	MARIA VANESA PEREZ GAVIDIA
FECHA:	09/06/2025
ELEMENTO ESTRUCTURAL	: TESTIGO DE ENSAYO

CEMENTO :	PORTLAND - TIPO I	PESO ESPECIFICO =	3.090		g/cm3
------------------	-------------------	--------------------------	--------------	--	-------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :			KG/CM2	MPA
AGREG. FINO	CANTERA LA VICTORIA	$F_c =$	210.00	20.59
AGREG. GRUESO	CANTERA LA VICTORIA	$F_{cr} =$	231.00	22.65

CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	3/4	in
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.558 g/cm3	2.540	g/cm3
PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.614 g/cm3	2.591	g/cm3
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.708 g/cm3	2.676	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1425 Kg/m3	1501	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1743 Kg/m3	1485	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.950 %	0.350	%
ABSORCION (%)	2.160 %	2.004	%
MODULO DE FINURA	2.517	-	-

ASENTAMIENTO =	3"-4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205 Lt/m3
AIRE TOTAL (%) =	2.0 %
RELACION A/Mc =	0.650

CEMENTO =	315.19 Kg/m3
-----------	--------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :	
CEMENTO =	0.102003 m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205 m3
AIRE (%) =	0.02 m3
SUMA =	0.327003 m3
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.672997 m3

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :	
CEMENTO =	0.102003 m3
AGUA DE MEZCLADO =	0.205000 m3
AIRE (%) =	0.020000 m3
AGREGADO FINO SECO =	0.301371 m3
AGREGADO GRUESO SECO =	0.334464 m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO (10%):	0.037163 m3

AGREGADO FINO SECO =	771.00 Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	850.00 Kg/m3
POLIESTIRENO EXPANDIDO =	0.0372 m3

MATERIALES DE DISEÑO	
CEMENTO	315.19 Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt
AGREGADO FINO SECO	771.00 Kg
AGREGADO GRUESO SECO	850.00 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
POLIESTIRENO EXPANDIDO (10%):	0.037163 m3

PROPORCION EN PESO	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.47
A. GRUESO =	2.71
AGUA =	30.80 (Lt / Bolsa)
POLIESTIRENO =	5.01 (Lt / Bolsa)

TANDA (05 TESTIGOS 6" x 12") + 25%:	0.0347 m3
CEMENTO:	10952.9 g
AGUA EFECTIVA:	7936.5 g
AGREGADO FINO HUMEDO:	27046.8 g
AGREGADO GRUESO HUMEDO:	29640.9 g
POLIESTIRENO EXPANDIDO (10%):	1291.4008 cm3

RENDIMIENTO =	7.42 Bolsas/m3
---------------	----------------

MODULO DE COMBINACION :	
MODULO DE COMBINACION =	5.069
VACIOS =	41.536
VACIOS POR CORREGIR =	6.536
FCORR. MC =	0.131
MODULO DE COMBINACION CORREGIDO :	4.938
% AGREGADO FINO =	44.78
% AGREGADO GRUESO =	55.22

% REMPLAZO DE POLIESTIRENO :	
% REMPLAZO DE POLIESTIRENO =	10.00
% POLIESTIRENO EXPANDIDO =	5.522
% AGREGADO GRUESO CORREG. =	49.698

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	-9.33
APORTE AG =	-14.06
TOTAL =	-23.39

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	
CEMENTO	315.19 Kg
AGUA EFECTIVA	228.39 Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	778.32 Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	852.98 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %
POLIESTIRENO EXPANDIDO (10%):	0.037163 m3

PROPORCION EN VOLUMEN	
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.58
A. GRUESO =	2.70
AGUA =	30.80 (Lt / Bolsa)
POLIESTIRENO =	5.01 (m3/ Bolsa)

Nº Est. Poliést. (3/4")	356.8
-------------------------	-------

ANEXO 03: RESULTADOS DE RESISTENCIA Y PESO UNITARIO DEL CONCRETO.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA ACADÉMICO
PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



REGISTRO DE LABORATORIO: PESO UNITARIO DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

DISEÑO DE MEZCLA	FECHA DE MOLDEO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO		FECHA DE ROTURA (7 Y 28 DIAS)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO		RESISTENCIA CARGA (KN)		
			PESO MOLDE (kg)	MOLDE+ CONCRETO (kg)		DIAMETRO (mm)	ALTURA (cm)			
PATRÓN	23/07/2025	A. F : 0.91% y A.G : 0.43%	7.131	14.819	23.560	30/07/2025	13.309	153.800	30.500	299.81
							13.243	153.750	30.500	305.80
							13.323	153.600	30.500	301.51
							13.360	153.740	30.500	314.39
							13.268	153.800	30.500	308.81
							13.258	153.860	30.500	298.81
							13.298	153.700	30.500	301.81
							13.288	153.870	30.500	303.81
							12.992	152.410	30.400	379.21
							13.068	152.340	30.500	370.97
							13.057	152.420	30.400	380.95
							13.121	152.480	30.400	374.16
13.037	152.420	30.400	378.68							
13.137	152.500	30.400	373.68							
13.037	152.420	30.400	368.68							
13.047	152.440	30.400	370.68							
12.977	153.890	30.020	277.25							
12.826	153.550	30.010	284.07							
12.604	153.700	30.000	278.46							
12.574	153.600	30.000	286.33							
12.824	153.660	30.040	281.18							
12.784	153.670	30.000	285.18							
12.804	153.710	30.040	279.18							
12.754	153.640	30.000	278.18							
12.539	152.870	30.350	312.11							
12.564	152.060	30.400	326.56							
12.619	152.090	30.300	319.52							
12.746	152.020	30.300	324.38							
12.720	152.930	30.200	331.92							
12.740	152.990	30.300	328.92							
12.660	152.930	30.200	322.92							
12.620	152.950	30.300	321.92							
5.0%	23/07/2025	A. F : 0.91% y A.G : 0.43%	7.131	14.819	23.389	30/07/2025	12.826	153.550	30.010	284.07
					23.380		12.604	153.700	30.000	278.46
					23.243		12.574	153.600	30.000	286.33
					23.347		12.824	153.660	30.040	281.18
					23.420		12.784	153.670	30.000	285.18
					23.284		12.804	153.710	30.040	279.18
							12.754	153.640	30.000	278.18
							12.539	152.870	30.350	312.11
							12.564	152.060	30.400	326.56
							12.619	152.090	30.300	319.52
							12.746	152.020	30.300	324.38
							12.720	152.930	30.200	331.92
							12.740	152.990	30.300	328.92
							12.660	152.930	30.200	322.92
							12.620	152.950	30.300	321.92



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA ACADEMICO
PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



REGISTRO DE LABORATORIO: PESO UNITARIO DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

DISEÑO DE MEZCLA	FECHA DE MOLDEO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO		FECHA DE ROTURA (7 Y 28 DIAS)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO		RESISTENCIA CARGA (KN)		
			MOLDE+ AGUA (kg)	MOLDE+ CONCRETO (kg)		DIAMETRO (mm)	ALTURA (cm)			
7.5%	26/07/2025	A.F : 0.95% Y A.G : 0.35%	7.131	14.819		02/08/2025	12.483	154.440	30.010	242.50
							12.500	154.330	30.010	238.58
							12.579	154.510	30.020	240.02
							12.539	154.250	30.020	229.58
							12.560	154.660	30.010	241.15
							12.500	154.580	30.010	241.15
							12.570	154.750	30.010	249.15
							12.640	154.620	30.020	233.15
							12.392	153.320	30.350	283.35
							12.329	153.220	30.300	289.07
10.0%	26/07/2025	A.F : 0.95% Y A.G : 0.35%	7.131	14.819		23/08/2025	12.305	153.520	30.300	284.27
							12.302	153.300	30.300	289.32
							12.312	152.500	30.200	290.76
							12.392	152.510	30.300	282.76
							12.402	152.520	30.300	298.76
							12.312	152.550	30.200	294.76
							12.396	155.380	30.030	189.68
							12.420	155.470	30.020	189.89
							12.360	155.580	30.020	190.95
							12.370	155.680	30.020	187.17
10.0%	26/07/2025	A.F : 0.95% Y A.G : 0.35%	7.131	14.819		02/08/2025	12.360	155.520	30.020	199.33
							12.420	155.490	30.020	194.33
							12.450	155.460	30.020	192.33
							12.280	155.530	30.020	189.33
							12.239	154.580	30.000	223.61
							12.221	154.760	30.000	217.00
							12.174	154.520	31.000	224.72
							12.280	154.660	30.000	212.00
							12.074	154.860	30.000	211.23
							12.004	154.780	31.000	207.23
10.0%	26/07/2025	A.F : 0.95% Y A.G : 0.35%	7.131	14.819		23/08/2025	12.034	154.930	31.000	209.23
							12.044	154.890	31.000	212.23

ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 9

Ensayo de análisis granulométrico – Pesado de material por tamiz



Figura 10

Ensayos de Gravedad específica de agregados fino y grueso



Figura 11

Pesaje de agregado grueso en canastilla para ensayos de absorción y gravedad específica.



Figura 12

Pesaje de agregado grueso en canastilla para ensayos de absorción y gravedad específica.



Figura 13

Pesaje de agregado fino para ensayos de absorción y gravedad específica.



Figura 14

Método del cono de arena para determinar la condición de saturado superficialmente seco (SSS) del agregado fino



Figura 15

Pesaje de materiales para ensayo de peso unitario suelto de agregados fino y grueso



Figura 16

Peso de contenedor con agua y medida de temperatura para cálculo de factor F



Figura 17

Elaboración de diseño de prueba



Figura 18

Prueba de slump de diseño de prueba



Figura 19

Especímenes 6"x12" de diseño de prueba



Figura 20

Rotura de probetas de diseño de prueba



Figura 21

Toma de medidas de probetas – Diámetro



Figura 22

Toma de medidas de probetas – Altura



Figura 23

Elaboración de probetas para diseño patrón y diseño al 5% de remplazo de poliestireno



Figura 24

Pesaje de agregados según dosificación de materiales



Figura 25

Mezclado de materiales para el diseño al 5% de remplazo de poliestireno



Figura 26

Prueba de slump para el diseño patrón.



Figura 27

Elaboración de probetas de diseño al 7.5% y al 10% de remplazo de poliestireno

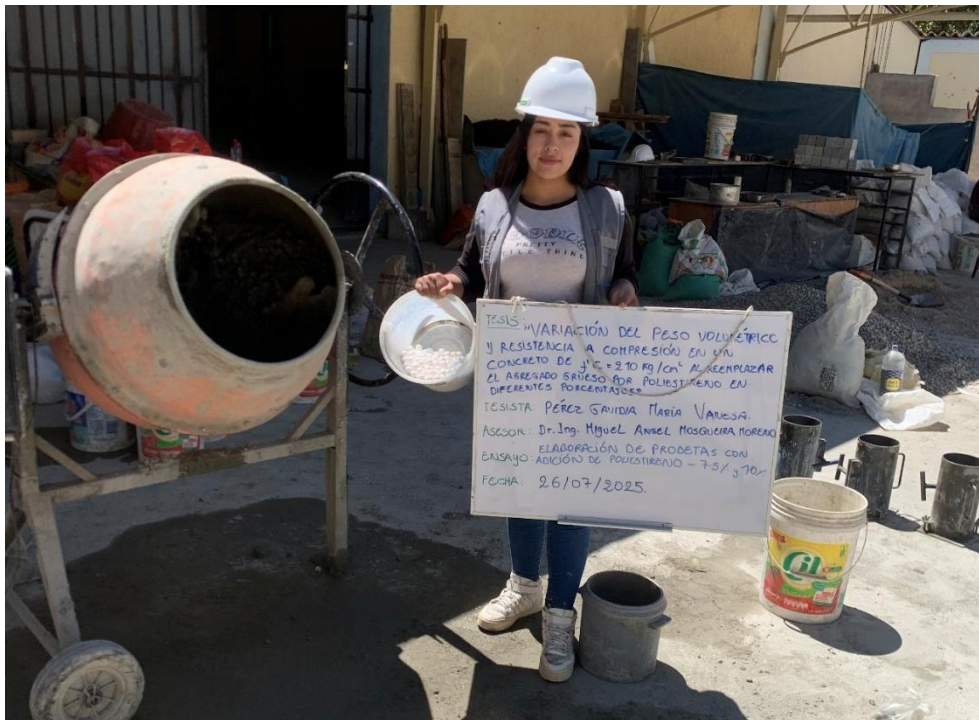


Figura 28

Moldeo de probetas de diseño al 7.5% y 10% de remplazo de poliestireno



Figura 29

Desmoldeo de probetas para curado de diseños al 7.5% y 10% de remplazo de poliestireno



Figura 30

Curado de probetas de diseño al 7.5% y al 10% de poliestireno



Figura 31

Rotura de probetas de diseño patrón y diseño al 5% de remplazo de poliestireno



Figura 32

Toma de medidas de probetas para cálculos de resistencia y volumen



Figura 33

Ensayo de compresión axial



Figura 34

Tipo de falla de probetas posterior al ensayo de compresión axial (Falla tipo V: fracturas en los lados)



Figura 35

Probetas ensayadas con falla Tipo V (fracturas en los lados) y falla tipo IV (fractura diagonal)



Figura 36

Rotura de probetas de diseño 7.5% y 10% de poliestireno



Figura 37

Rotura de probetas a los 28 días de diseño patrón y 5% de poliestireno



ANEXO 05: FICHAS TÉCNICAS



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clínker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

PRESENTACIONES



*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002-2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (Ft)	Cemento	Arena limpia	Piedra de (gramos) máximo (Lb min)	Agua
Losas, aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.3 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.3 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- Cubrir con una caps impermeable para evitar la humedad.
- Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.



Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:





ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	300 a 700 Kg CO2 eq
Medio	71% a 85%	701 a 800 Kg CO2 eq
Alto	86% a 100%	801 Kg CO2 eq a más

*Tipo I se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General.

Empresa Certificadora:

ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES QUE PUEDES ALCANZAR POR USO DEL PRODUCTO

Este producto puede contribuir a obtener puntos en las siguientes certificaciones de construcción sostenible:

LEED®



- Tiene Declaración Ambiental de Producto de Tipo III, validada por un tercero.
- Certificación ISO 14001.

Con estas características el cemento Tipo I puede contribuir a alcanzar 1 punto en la categoría de materiales y recursos de la certificación LEED.

Bono Mi Vivienda Sostenible



- Cumple con los requerimientos del Bono Mi Vivienda Sostenible del Fondo Mi Vivienda para Eco Materiales, hasta el grado 3.

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc®**

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:





Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	< 3.0
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	< 2.5 - 2.95 >
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	< 3.3
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	< 1.2

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire en Mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	< 7 - 10 >
Finura					
Superficie específica	Mínimo	260	m ² /kg	NTP 334.002	>= 380
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	< 0.20
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 24.1 (>= 3500)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 30.3 (>= 4400)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 37.9 (>= 5500)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	< 110 - 150 >
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	< 230 - 260 >
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	< 0.010

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 y la ASTM C150.

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:



ESFERA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO N°8

Cod: 1496

i Las Esferas PLASTRO son fabricadas con Poliestireno expandido (EPS).



DIMENSIONES

VARIABLE	UNIDAD	STANDARD	TOLERANCIA
Diámetro	mm	19.05	± 3 mm
Densidad	kg/m ³	24.0	± 0.76

ROTULADO

Las esferas son empaçadas e fundas de PEBD Impresas Plastro S.A., y a la vez estos paquetes son embalados en cajas de cartón en el cual se coloca una etiqueta con los siguientes datos :

Descripción del producto:	Esfera Ø 8
Materia Prima:	Poliestireno Expandible EPS
Unidades por paquete:	125
Paquetes por caja:	3
Unidades por caja:	375
Material de empaque:	PEBD
Fecha de Fabricación	mes/día/año

USO:
Decoración - Manualidades

FORMAS DE PRESENTACIÓN
Funda de PEBD: 3 paquetes de 125 unidades c/u
Unidades por caja: 375

ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA:
POLIESTIRENO EXPANDIBLE EPS, cumple con la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de los Estados Unidos y con todas las normativas de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) que corresponden, con el Título 21 del Código de Normas Federales de EEUU, secciones 177.1640 y 178.3010. También con los requisitos fundamentales de la Directiva 94/62/EC conforme a la modificación de la Normativa 219/2009 y los requisitos de la norma de metales pesados de la Coalición de Gobernadores del Noreste (CONEG). Adicionalmente cumple con la normativa de la Unión Europea (EU) sobre contacto con alimentos y migración de sustancias, que incluye la Normativa (EC) N° 1935/2004, la Normativa (EC) N°2023/2006 (GMP) y la Normativa (EU) N° 10/2011.

ALMACENAMIENTO:
Los bultos deben ser almacenados en un lugar cerrado, techado, evitar exponerse al sol directo, la humedad, el excesivo calor y evitar colocarlas cerca de productos con aroma o suciedad

Fecha de Emisión: _____ Año: 2021

Aprobado por

Ing. Diana M. Álvarez I.
Jefe de Control de Calidad PLASTRO S.A.



Las esferas de poliestireno expandido (EPS) son un producto de

Plastro S.A.
Guayaquil
Oficinas administrativas y planta
Km 11 1/2 Vía a Daule,
Parque Industrial El Sauce
(parada Inmaconsa de la Metrovía).
Atención al cliente: (593-4) 2103406 Ext. 121 -125
Fax: (593-4) 2103620 (593-9) 90893700
P.O. Box: 09-01-1299.

Plastro S.A.
Quito
Oficinas
Av. Naciones Unidas e Iñaquito,
Edificio Metropolitan Piso 6 Of. 607.
Atención al cliente: (593-2) 3934070 Ext. 300
Celular: (593-9) 81219068.

www.plastroec.com
plastro@plastroec.com